

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2001-508887

(P2001-508887A)

(43) 公表日 平成13年7月3日 (2001.7.3)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

F

G 0 2 F 1/01

G 0 2 F 1/01

C

F

1/025

1/025

1/313

1/313

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 88 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-502767  
 (86) (22) 出願日 平成10年6月8日 (1998.6.8)  
 (85) 翻訳文提出日 平成11年12月9日 (1999.12.9)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US98/11319  
 (87) 国際公開番号 WO98/57207  
 (87) 国際公開日 平成10年12月17日 (1998.12.17)  
 (31) 優先権主張番号 08/871, 747  
 (32) 優先日 平成9年6月9日 (1997.6.9)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 08/968, 314  
 (32) 優先日 平成9年11月12日 (1997.11.12)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 マサチューセッツ インスティテュート  
 オブ テクノロジー  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 ケ  
 ンブリッジ マサチューセッツ アベニュー  
 77  
 (72) 発明者 ファン サンフィ  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 ソ  
 マービル ポーター ストリート 50 ア  
 パートメント #2  
 (74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 吸収誘発オン/オフ切替えおよび変調を有する高効率チャンネルドロップフィルタ

## (57) 【要約】

高効率チャンネルドロップフィルタ。このフィルタは、2つの導波ガイドの間に設けられた共振器システムを含む結合素子を含む。この共振器システムは、少なくとも2つの共振モードを有している。共振器システムは、導波ガイドに結合されるとともに、それら同士が直接および導波ガイドを介し間接的に結合される1以上の内部共振キャビティを含む。結合素子の各部材は、独立して調整できるように構成されている。この共振器システムの形状および/または誘電率/屈折率は、周波数および減衰率が複数の共振モードが実質的に同一になるように構成されている。フィルタは、所定の周波数において導波ガイド間の100%の信号転送を可能としている。一方、他の周波数では、転送は完全に禁止される。好適な実施形態では、フィルタはフォトニッククリスタルで構成される。発明の他の実施形態では、フィルタは吸収で誘発されオンオフされるスイッチおよび変調器として構成される。スイッチングの動作は、電氣的または光学的吸収により達成される。

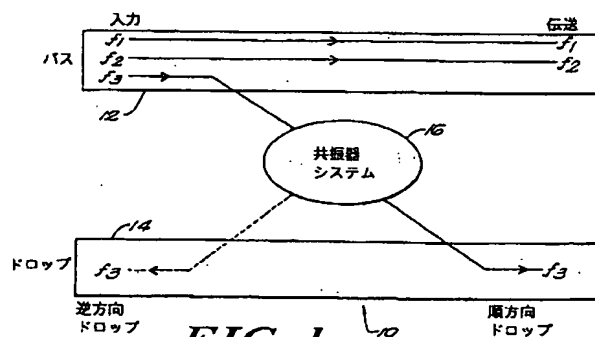


FIG. 1

**【特許請求の範囲】**

## 1. 電磁界周波数フィルタであって、

少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を伝達する入力導波ガイドと、

出力導波ガイドと、

前記入力導波ガイドと、出力導波ガイドの間に設けられ、前記少なくとも1つの希望周波数を前記出力導波ガイドに転送するとともに、前記入力導波ガイドを通る非希望周波数の伝送を可能とするフォトニッククリスタル共振器システムと、

を有する電磁界周波数フィルタ。

## 2. 請求項1に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムは、少なくとも2つの単一モードキャビティを含む電磁界周波数フィルタ。

## 3. 請求項1に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムは、少なくとも1つの2重縮重モードを持つキャビティを含む電磁界周波数フィルタ。

## 4. 請求項1に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムは、少なくとも1つのキャビティを規定する少なくとも1つ欠陥を有する周期的誘電体構造を含む電磁界周波数フィルタ。

## 5. 請求項1に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムおよび前記導波ガイドは、単一のフォトニッククリスタルに一体化されている電磁界周波数フィルタ。

## 6. 電磁界周波数フィルタであって、

少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を伝送する入力導波ガイドと、

出力導波ガイドと、

前記入力導波ガイドと、出力導波ガイドの間に設けられ、前記少なくとも1つ

の希望周波数を前記出力導波ガイドに転送するとともに、前記入力導波ガイドを通る非希望周波数の伝送を可能とするフォトニッククリスタル共振器システムと

を含み、

前記フォトニック共振器システムは、互いに反対で対称の少なくとも2つの共振器モードであって、前記信号の前記希望周波数が前記入力導波ガイドにおいて伝送されるのを防止し、前記出力導波ガイドにおいて伝送されるのを可能とするように組み合わされる成分有する電磁界周波数フィルタ。

7. 請求項6に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記少なくとも2つの共振器モードが実質的に同一の周波数を有するように構成されている電磁界周波数フィルタ。

8. 請求項7に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記導波ガイド中において、少なくとも2つの共振器モードが実質的に同一のエネルギー散逸速度を有するように構成されている電磁界周波数フィルタ。

9. 請求項6に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記導波ガイド中において、少なくとも2つの共振器モードが実質的に同一のエネルギー散逸速度を有するように構成されている電磁界周波数フィルタ。

10. 請求項6に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、形態を変更することで構成されている電磁界周波数フィルタ。

11. 請求項6に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、屈折率の変更によって構成されている電磁界周波数フィルタ。

12. 請求項9に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つの共振器モードは、偶共振器モードと、奇共振器モードを含む電磁界周波数フィルタ。

13. 請求項12に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つの共振器モードは、前記入力および出力導波ガイドの各々に向けて実質的に同じエネルギー散逸速度で消失する電磁界周波数フィルタ。

14. 請求項12に記載のフィルタにおいて、

各偶奇共振器モードは、前記入力および出力導波ガイドの各々において実質的に同じエネルギー散逸速度で消失する電磁界周波数フィルタ。

15. 請求項12に記載のフィルタにおいて、

前記偶奇共振器モードは互いに、信号が前記所望の周波数が前記入力導波ガイドにおいて伝送されるのが防止され、前記出力導波ガイドにおいて可能とされるように組み合わせられる電磁界周波数フィルタ。

16. 請求項15に記載のフィルタにおいて、

前記偶奇共振器モードは、互いに、信号が共振状態の入力導波ガイドへの反射がキャンセルされるように組み合わせられる電磁界周波数フィルタ。

17. 請求項15に記載のフィルタにおいて、

前記偶奇共振器モードは、前記希望周波数を発生させるため、前記出力導波ガイドの所定の方向において減衰するために組み合わせられる電磁界周波数フィルタ。

18. 請求項17に記載のフィルタにおいて、

前記偶奇共振器モードは、前記出力導波ガイドの反対の方向に向けてキャンセルするように互いに組み合わせられる電磁界周波数フィルタ。

19. 請求項6に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、2つの共振器モードのみを規定する電磁界周波数フィルタ。

20. 電磁界周波数フィルタであって、

少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を伝送する入力導波ガイドと、

出力導波ガイドと、

前記入力導波ガイドと、出力導波ガイドの間に設けられ、前記少なくとも1つ

の希望周波数を前記出力導波ガイドに転送するとともに、前記入力導波ガイドを介する非希望周波数の伝送を可能とするフォトニッククリスタル共振器システムと、

を有し、

前記共振器システムは、前記入力導波ガイドに結合される少なくとも1つの外部サブエレメントを含み、

前記少なくとも1つの外部サブエレメントは、導波ガイドに対し垂直なローカルミラー平面を有し、少なくとも2つのミラー平面に対し対称である反対の共振器モードを規定し、前記共振器モードは、前記入力導波ガイドの逆方向においてキャンセルする成分を有する電磁界周波数フィルタ。

21. 請求項20に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記出力導波ガイドに結合された第2の外部サブエレメントを含む電磁界周波数フィルタ。

22. 請求項20に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、他の共振に結合され前記導波ガイドに直接は結合されない内部共振サブエレメントを有する電磁界周波数フィルタ。

23. 電磁界周波数フィルタであって、

少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を伝送する入力導波ガイドと、

出力導波ガイドと、

前記入力導波ガイドと、出力導波ガイドの間に設けられ、前記少なくとも1つの希望周波数を前記出力導波ガイドへ選択的に転送するとともに、共振器システムの少なくとも1つの共振器の内部減衰速度に応答して前記入力導波ガイドを介する非希望周波数の伝送を可能とし、

前記共振器システムは、選択的な転送が起こるときに、互いに反対で対称の少なくとも2つの共振器モードであって、前記信号の前記希望周波数が前記入力導波ガイドにおいて伝送されるのを防止し、前記出力導波ガイドにおいて伝送されるのを可能とするように組み合わせられる成分有する電磁界周波数フィルタ。

24. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記少なくとも2つの共振器モードが導波ガイドに向けて実質的に同一のエネルギー散逸速度を有するように構成されている電磁界周波数フィルタ。

25. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記少なくとも2つの共振器モードが実質的に同一の周波数を有するように構成されている電磁界周波数フィルタ。

26. 請求項25に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記少なくとも2つの共振器モードが導波ガイドに向けて実質的に同一のエネルギー散逸速度を有するように構成されている電磁界周波数フィルタ。

27. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、形態の変化によって構成されている電磁界周波数フィルタ。

28. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、屈折率の変更によって構成されている電磁界周波数フィルタ。

29. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つの共振器モードは、偶共振器モードと、奇共振器モードを含む電磁界周波数フィルタ。

30. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つの共振器モードは、前記入力および出力導波ガイドの各々に向けて実質的に同じエネルギー散逸速度で消失する電磁界周波数フィルタ。

31. 請求項29に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つの共振器モードは、前記入力および出力導波ガイドの各々に向けて実質的に同じエネルギー散逸速度で消失する電磁界周波数フィルタ。

32. 請求項29に記載のフィルタにおいて、

前記偶奇共振器モードは互いに、前記所望の周波数が前記入力導波ガイドにお

いて伝送されるのが防止され、前記出力導波ガイドにおいて可能とされるように組み合わされる電磁界周波数フィルタ。

33. 請求項32に記載のフィルタにおいて、

前記偶奇共振器モードは、互いに、信号が共振状態の入力導波ガイドへの反射がキャンセルされるように組み合わされる電磁界周波数フィルタ。

34. 請求項32に記載のフィルタにおいて、

前記偶奇共振器モードは、前記希望周波数を発生させるため、前記出力導波ガイドに向けて所定の方向において減衰するために組み合わされる電磁界周波数フィルタ。

35. 請求項32に記載のフィルタにおいて、

前記偶奇共振器モードは、前記出力導波ガイドの反対の方向においてキャンセルするように互いに組み合わされる電磁界周波数フィルタ。

36. 請求項26に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、2つの共振器モードのみを規定する電磁界周波数フィルタ。

37. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記共振器システムの吸収特性を変更することによって変化される電磁界周波数フィルタ。

38. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、電氣的、光学的また機械的に変化される電磁界周波数フィルタ。

39. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の1つへの選択的スイッチングを提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

40. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の2つへ選択的な分割を提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

41. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の1つへ選択的な時間変化スイッチングを適切に提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

42. 請求項23に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の2つへ選択的な分割を提供するよう選択的な時間変化スイッチングを適切に提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

43. 電磁界周波数フィルタであって、

少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を伝送する入力導波ガイドと、

出力導波ガイドと、

前記入力導波ガイドと、出力導波ガイドの間に設けられ、前記少なくとも1つの希望周波数を前記出力導波ガイドへ選択的に転送するとともに、共振器システムの少なくとも1つの共振器の内部減衰速度に応答して前記入力導波ガイドを介

する非希望周波数の伝送を可能とし、

前記共振器システムは、前記入力導波ガイドと結合された、前記少なくとも1つの外部サブエレメントを有し、



前記少なくとも1つの外部サブエレメントは、前記導波ガイドに垂直なローカルミラー平面を有し、前記外部サブエレメントは、少なくとも2つの前記ミラー平面に関し対称の共振器モードを有し、前記共振器モードが前記選択的転送が起るときに、入力導波ガイドの後退方向においてキャンセルされる成分を有するように構成される電磁界周波数フィルタ。

44. 請求項43に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記出力導波ガイドに結合された第2の外部サブエレメントを含む電磁界周波数フィルタ。

45. 請求項43に記載のフィルタのいて、

前記共振器システムは、他の共振に結合され前記導波ガイドに直接は結合されない内部共振サブエレメントを有する電磁界周波数フィルタ。

46. 請求項43に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記共振器システムの吸収特性を変更することによって変化される電磁界周波数フィルタ。

47. 請求項43に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、電氣的、光学的また機械的に変化される電磁界周波数フィルタ。

48. 請求項43に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つの

ポートの中の1つへの選択的スイッチングを提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

49. 請求項43に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の2つへ選択的な分割を提供するように変化される電磁界周波数フィ

ルタ。

50. 請求項43に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の1つへ選択的な時間変化スイッチングを適切に提供するように変化する電磁界周波数フィルタ。

51. 請求項43に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の2つへ選択的な分割を提供するよう選択的な時間変化スイッチングを適切に提供するように変化する電磁界周波数フィルタ。

52. 電磁界周波数フィルタであって、

少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を伝送する入力導波ガイドと、

出力導波ガイドと、

前記入力導波ガイドと、出力導波ガイドの間に設けられ、前記少なくとも1つ

の希望周波数を前記出力導波ガイドに転送するか、前記入力導波ガイドを通過する非希望周波数を伝送するかを前記共振器システムの少なくとも1つの共振器の減衰速度の変化に応答し選択的に行うフォトリッククリスタル共振器システムと、

を有する電磁界周波数フィルタ。

53. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記フォトリッククリスタル共振器システムは、少なくとも2つの単一モードキャビティを含む電磁界周波数フィルタ。

54. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記フォトリッククリスタル共振器システムは、少なくとも1つの2重縮重モ

ードのキャビティを含む電磁界周波数フィルタ。

55. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムは、少なくとも1つのキャビティを規定する少なくとも1つの欠陥を有する周期的誘電体構造を含む電磁界周波数フィルタ。

56. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムおよび前記導波ガイドは、単一のフォトニッククリスタルに一体化されている電磁界周波数フィルタ。

57. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記共振器システムの吸収特性を変更することによって変化される電磁界周波数フィルタ。

58. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、電氣的、光学的また機械的に変化される電磁界周波数フィルタ。

59. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の1つへの選択的スイッチングを提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

60. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の2つへ選択的な分割を提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

61. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の1つへ選択的な時間変化スイッチングを適切に提供するように変化する電磁界周波数フィルタ。

62. 請求項52に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の2つへ選択的な分割を提供するよう選択的な時間変化スイッチングを適切に提供するように変化する電磁界周波数フィルタ。

63. 電磁界周波数フィルタであって、

入力ポートと出力ポートを有し、少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を受け入れる導波ガイドと、

前記入力ポートおよび出力ポートの間における導波ガイドに一体化され、前記共振器システムは、少なくとも1つの共振器モードを規定し、

前記共振器システムは、前記共振器システムの少なくとも1つの共振器の内部減衰速度の変化に応答して、希望周波数を前記出力ポートに選択的に伝送するように動作する電磁界周波数フィルタ。

64. 請求項63に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記共振器システムの吸収特性を変更することによって変化する電磁界周波数フィルタ。

65. 請求項63に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、電氣的、光学的また機械的に変化する電磁界周波数フィルタ。

66. 請求項63に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つの

ポートの中の1つへの選択的スイッチングを提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

67. 請求項63に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の2つへ選択的な分割を提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

68. 請求項63に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の1つへ選択的な時間変化スイッチングを適切に提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

69. 請求項63に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートと出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは、前進ポートと後退ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の4つのポートの中の2つへ選択的な分割を提供するよう選択的な時間変化スイッチングを適切に提供するように変化される電磁界周波数フィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

吸収誘発オン／オフ切替えおよび変調を有する

高効率チャネルドロップフィルタ

本発明は、National Science Foundationによって付与された許可番号9400334-DMRの下、政府援助を得て行われた。政府は本発明に相応の権利を有する。

## 発明の背景

本発明は、チャネルドロップフィルタに関し、特に、高効率共振器システムチャネルドロップフィルタに関する。実施の形態において、フォトニッククリスタルチャネルドロップフィルタ (photonic crystal channel drop filters) を提供する。

フォトニック集積回路 (PIC) に対する関心が高まってきた。グローバルコミュニケーションシステムのバックボーンとして全光ファイバーネットワークがますます使用されるようになった。これらは、誘電性物質が非常に広い光伝送 (伝送) 帯域幅を提供することに基づくところが多い。これは、使用可能な光帯域全域を実用的に使用したいという要求を増大させることになった。総合的な伝送帯域幅を増大させるためには、同時に伝送される光データストリームのスペーシング、つまり光データチャネル、を密接に詰めて、より多数のチャネルに対応できるようにすることが一般に好適である。つまり2つの隣接するチャネル間の波長差を最小限にすることが好適である。

チャネルドロップフィルタ (CDF) は波長分割多重 (WDM) 信号の一チャネルにアクセスし、他のチャネルは妨害しない。このフィルタは、PICおよび光通信システムの重要なコンポーネントである。最近導入された様々な装置の中でも、共振フィルタをチャネルドロップに用いることは興味深い。これは、非常

に幅の狭い単チャネルを選択するために共振フィルタを潜在的に使用できるためである。図1は、共振器システムCDF10の概略ブロック図である。この図では、2本の導波ガイド (導波管)、バス12とドロップ14、が1個以上の共振キャビティを有する共振器システム16を介して接続される。バス12は入力ポ

ートと出力ポートを有し、ドロップ14は順方向ポート(forward port)と逆方向ポート(backward port)を有する。WDM信号(つまり、多周波数信号)は一本の導波ガイド(バス)内部を伝搬する間に、単一モードはバスから他の導波ガイド(ドロップ)へ、順方向または逆方向伝搬方向に転送(transfer)される。一方、他の全周波数に対して、バスードロップ間のクロストークは完全に防止される。

当業者においては、本発明を説明する目的で、チャネルドロップフィルタが、一導波ガイドから他の導波ガイドにチャネルを転送できる、つまり、バスからドロップへチャネルをドロップする、または、ドロップからのチャネルをバスに加えることができるフィルタであることが分かるであろう。

CDFの性能は2本の導波ガイド間の転送効率によって決まる。完全な効率とは、選択されたチャネルを、順方向または逆方向で、100%ドロップに転送する状態に対応する。この時、バスへの転送または逆方向反射は皆無である。他の全チャネルは、光共振器の存在には影響されるべきではない。

さらに、CDFにおいてオン/オフ切替え機能を得ることも望ましい。つまり、周波数チャネルの転送を切替え可能であることが望ましい。「オン」状態では、周波数チャネルをバスからドロップ導波ガイドに完全に転送し、「オフ」状態では、周波数チャネルが妨害されない状態でバス導波ガイド内にいることが理想的である。周波数チューニング機構を用いて、このようなオン/オフ機能を実現することが考えられる。しかし、装置をオフするためには、結合要素の共振周波数が信号の全周波数範囲外にシフトしなくてはならない。このような周波数シフトは、大きな切替えパワーを要する傾向にあり、あまり実用的ではない。

したがって、本発明の目的は、吸収誘発(absorption-induced)切替え効果を用いて、所望のオン/オフ機能を実現することである。

#### 発明の開示

本発明は、高効率チャネルドロップフィルタを提供する。このフィルタは、2本の導波ガイド間に設けられた共振器システムを含む結合要素を用いる。この共振器システムは、少なくとも2つの共振モードを含む。この共振器システムは、

1個以上の相互作用共振キャビティを有する。これらのキャビティは、導波ガイドに接続されることに加えて、これら自身の間でも直接的、あるいは導波ガイドを介して間接的に接続可能である。結合要素の構成要素は、個別に形成あるいは調整が可能である。共振器システムの結合構造およびあるいはまたは誘電率／屈折率は、共振器システム内部で吸収が誘発されない場合に、共振モードの周波数および減衰率が実質的に同じになるように形成される。このフィルタは、ある周波数において導波ガイド間で100%の信号転送ができる一方、他の周波数における信号伝送を完全に防止する。実施の形態において、このフィルタはフォトニッククリスタルを用いて形成される。

本発明に係る別の実施の形態によると、フラットトップで、直線側壁の線形状 (straight-sidewall lineshape) 特性を有するチャネルドロップフィルタ装置を提供する。この線形状特性は、いくつかの共振周波数を用いて導波ガイドを結合し、各共振の周波数の他に対する相対的位置付けを考案することで、実現される。多数の共振を用いると、光スイッチを考案することも可能になる。これらの装置は、信号を順方向と逆方向、または完全転送とゼロ転送との間で切替え可能である。

したがって、本発明に係る一実施の形態において、電磁界周波数フィルタを提供する。このフィルタは入力導波ガイドと出力導波ガイドを含む。入力導波ガイドは、所望のガイドモードを含む複数のモードを有する信号を運搬する。共振器システムは、入力導波ガイドと出力導波ガイドとの間に連結され、所望の誘導（ガイドされた）モードを出力導波ガイドに転送し、また、入力導波ガイドを介して残留周波数を伝送（残留周波数を入力導波ガイドを通過）できるようにする。共振器システムは、入力導波ガイドと連結する外部サブ要素と、導波ガイドに対して垂直なローカルミラー平面を有する外部サブ要素を含み、ミラー平面に対し

て向かい合わせに対称的な（ちょうど反対の）少なくとも2つのローカル共振モードを規定する。この共振モードは、入力導波ガイドの逆方向において無効になる（キャンセルする）構成要素（成分）を含む。

本発明に係る更に別の実施の形態において、オン／オフ切替え機能を有するチ



チャンネルドロップフィルタを提供する。この切替えは、調節可能な吸収特性を有する物質を結合要素に組み込むことで実現される。調整可能な物質が最小吸収を示すと、目的の周波数チャンネルがバス導波ガイドからドロップ導波ガイドに完全に転送される。一方、この物質が最大吸収を示すと、周波数チャンネルは転送されず、バス導波ガイド内に妨害されない状態にとどまる。この切替え動作は、電気的手段あるいは光手段のいずれかで容易に実現される。

#### 図面の簡単な説明

図1は、一般的な共振器システムCDFを示す概略ブロック図である。

図2Aおよび図2Bは、導波ガイドとに対して垂直なミラー平面对称性を有するCDF構造における共振モードフィールドパターンと、それぞれ、単極モードを支持する相互作用キャビティを2つ用いるか、二重縮重ヘキサポールモード(doubly degenerate hexapole mode)を支持(サポート)する一つのキャビティを用いるかによって、2つの共振状態を支持する共振システムを示す輪郭プロットの概略図である。

図3は、本発明に係る共振器システムフォトリック結晶CDFの一例を示す平面図である。

図4は、一遇および一奇縮重モードを支持する共振器システムを有する典型的なフィルタにおけるチャンネルドロップのための物理的特性機構の概略図である。

図5は、図3に示すCDF用の遇および奇モードの周波数スペクトラムのグラフである。

図6A～図6Cは、図3に示すCDFの、それぞれ、転送信号、順方向および逆方向ドロップにおける信号のスペクトラムを示すグラフである。

図7は、図3に示すCDFの共振周波数において算出された電界パターンを示す。

図8は、本発明に係る共振器システムフォトリック結晶CDFの別の例を示す平面図である。

図9は、図8に示すCDFの共振器システムのモードの算出された電界パターンを示す。

図10は、本発明に係る共振器システムC D Fの別の例を示す平面図である。

図11は、結合要素が外部サブ要素と内部サブ要素とからなるC D Fの概略ブロック図である。

図12は、2個の外部サブ要素を有する共振器システムC D Fの概略ブロック図である。

図13は、本発明に係る4個の点欠陥を有する共振器システムフォトリッククリスタルC D Fの一例を示す平面図である。

図14は、図13に示すC D F用の偶-偶、奇-偶、奇-奇モードの周波数スペクトラムのグラフである。

図15A～図15Cは、図13に示すC D Fの、それぞれ、バス中の伝送信号、順方向ドロップ中の伝送信号、逆方向ドロップ中の伝送信号の輝度スペクトラムを示す図である。

図16は、関連する導波ガイドに対して垂直に整列した2個の点欠陥を有する共振器システムフォトリッククリスタルC D Fの例を示す平面図である。

図17は、グローバル対称性ではなく、ローカル対称性を有する2個の点欠陥を有する共振器システムフォトリッククリスタルC D Fの例を示す平面図である。

図18は、関連する導波ガイドに対して平行に整列した2個の点欠陥を有する共振器システムフォトリッククリスタルC D Fの例を示す平面図である。

図19は、6個の点欠陥を有する共振器システムフォトリッククリスタルC D Fの例を示す平面図である。

図20は、3個のキャビティを有する共振器システムフォトリッククリスタルC D Fの例を示す平面図である。

図21は、4個の微小キャビティを有するフォトリッククリスタルを有する従来のチャネル導波ガイドを使用した共振器システムC D Fの別の例を示す平面図である。

図22Aおよび図22Bは、吸収誘発切替え機構を利用したチャネルドロップフィルタの、それぞれ「オン」状態と「オフ」状態とを示す機能ブロック図であ

る。

図23Aおよび図23Bは、吸収を誘発するために電極を利用したフォトニッククリスタル共振器システムスイッチ／モジュレータCDFの線23-23に沿った、それぞれ、正面図および断面図である。

図24Aおよび図24Bは、それぞれ図23Aおよび図23Bに示すスイッチ／モジュレータが「オン」状態の正規化伝送および転送スペクトラムを示す図である。

図25Aおよび図25Bは、図23Aおよび図23Bに示すスイッチ／モジュレータが「オフ」状態の正規化伝送および転送スペクトラムを示す図である。

図26は、光ファイバーを介して吸収が誘発される共振器システムスイッチ／モジュレータCDFの例を示す断面図である。

図27Aおよび図27Bは、吸収を誘発するために電極を利用した共振器システムスイッチ／モジュレータCDFの例の線27-27に沿った正面図および断面図である。

図28は、3個のキャビティを有するフォトニッククリスタル共振器システムスイッチ／モジュレータCDFの例を示す平面図である。

図29Aおよび図29Bは、導波ガイドスイッチ／モジュレータの一例の線29-29に沿った正面図および断面図である。

図30Aおよび図30Bは、図29Aおよび図29Bに示すスイッチモジュレータの「オン」状態の正規化反射および伝送スペクトラムを示す図である。

図31Aおよび図31Bは、図29Aおよび図29Bに示すスイッチモジュレータの「オフ」状態の正規化反射および伝送スペクトラムを示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明は、（その基本特性と共に）最大転送効率を実現する共振器システムC

D Fの設計を提供する。明瞭化のために、本発明に係るCDFは、チャンネルをバスからドロップにドロップすることを含む実施の形態について説明する。当業者においては、本発明に係るCDFは同様に機能して、任意の一導波ガイドから他の導波ガイドにチャンネルを転送することが分かる。

この設計は、精密な対称性と、計算による分析とに基づく。本発明に係るCDFは、2本の導波ガイドの間に設けられた結合要素を用いる。これは、少なくとも2個の共振モードを有する。共振器システムは、1個以上の相互作用共鳴キャビティを有する。これらのキャビティは、導波ガイドに連結されることに加えて、それら自身の間でも直接的、あるいは導波ガイドを介して間接的に連結可能である。結合要素の各構成要素は、個別に形成あるいは調整が可能である。共振器システムの結合構造およびあるいはまたは誘電率／屈折率は、共振モードの周波数および減衰率(decay rate)が実質的に同じになるように形成される。前記の特性は、共振器システム内で吸収が誘発されない場合に特有である。

フォトリッククリスタルCDF等の例において、100%の転送効率を達成できる。フォトリッククリスタルを用いた2つの実施の形態を紹介すると共に、フォトリッククリスタル共振器システムと、従来の導波ガイドとを組み合わせた実施の形態を紹介する。また、非線形物質を用いてCDFの変調を行う実施の形態も紹介する。さらに、吸収効果を利用して、CDFのオン／オフ切替えや調整を行う実施の形態も説明する。

初めに、図1に示す一般的なCDF構成10について考察し、100%の転送効率を達成するために必要な基本特性を決定しなければならない。共振周波数において、バス導波ガイド12内の誘導(ガイドされた:guided)モードは、共振器システム16のモードを励磁(励起:excite)する。すると、共振器システムモードは、バス導波ガイド12およびドロップ導波ガイド14の双方にむけて減衰する。

伝送された信号(バス導波ガイドを通る信号)は、入力信号と、共振器システムモードの減衰に起因する信号とからなる。共振器システムを適切に形成することで、これらの信号を相互に破壊的に干渉させてキャンセルできる。この結果、必要とされるゼロ伝送となる。一方、反射信号は、全面的に共振器システムモー

ドの減衰に起因する。完全な転送(導波ガイド間の伝送)効率を実現するために、バス内の逆方向において共振器システム信号が減衰しないように、共振器システムを形成する。

ゼロ伝送およびゼロ反射を実現するために、向かい合わせに対称的なモードを有する構成が必要である。図1に示す構成が導波ガイドに対して垂直なミラー平面对称性を有し、共振器システムが2つの共振状態をサポートする場合を考える。2つの共振状態の内一つは偶対称性であり、この電磁場はミラー平面に対して  $|even\rangle$  で示され、もう一つは奇対称性であり、この電磁場は  $|odd\rangle$  で示される。奇および偶状態の例を図2Aおよび図2Bに示す。これらの図は、導波ガイドに対して垂直なミラー平面对称性を有するCDF構成における共振モードフィールドパターンと、それぞれ、単極モードを支持する相互作用キャビティを2つ用いるか、あるいは、二重縮重ヘキサポール（6極）モード(doubly degenerate hexapole mode)を支持（サポート）する一つのキャビティを用いるかして2つの共振状態を支持する共振器システムの輪郭プロットを示す概略図である。

図2Aは、単極モードを支持する2個の連結されたキャビティを有する構成の奇200および偶202フィールドパターンを示す。図2Bは、二重縮重ヘキサポールモードを支持する一つのキャビティを有する構成の奇204および偶206フィールドパターンを示す。+および-の記号は、フィールドのサイン（符号）を示す。フィールドパターンに隣接する2個の四角は、バス210およびドロップ212導波ガイドを示す。

入力された電波  $e^{ikx}$  は、分解されて  $\cos(kx) + i\sin(kx)$  となる。ここで、 $x$ は導波ガイドに沿う方向に相当する。 $\cos(kx)$  部分は、ミラー平面に対して偶であり、偶共振状態とのみ連結する。一方、 $\sin(kx)$  部分は奇であり、奇共振状態とのみ連結する。結合定数が双方のモードに対して等しい例では、 $|even\rangle + i|odd\rangle$  の共振状態が励起される。これは、入力導波ガイド内の順方向に沿ってのみ減衰する。この結果、完全に反射が無くなる。

以下が満たされれば、最大CDF効率が達成できる。一つ目は、この構成が、導波ガイドに対して垂直な少なくとも一枚のミラー平面を有し、向かい合って対

称的な少なくとも2つの共振状態を支持する。二つ目は、この2つの状態は実質

的に同じ周波数を有する。三つ目は、この2つの状態は実質的に同じ性質係数(quality factor)を有することである。性質係数は、導波ガイドモードへの共振の減衰(decay)に基づいて決定される。

図3は、本発明に係る共振器システムフォトニッククリスタルCDF300の典型的な実施の形態の平面図である。CDF300は、2本の導波ガイド、バス304とドロップ306、を有するフォトニッククリスタル302を含む。CDFは、更に共振器システム307を有し、これは2個の点欠陥またはキャビティ308、310を有する。他の型の共振キャビティに対して、フォトニッククリスタルキャビティは本当に単モードである。これは、Villeneuve et al. "Micro cavities in photonic crystals: Mode symmetry, tunability, and coupling", Phys. Rev. B 54, 7837(1996)に記されている。この文献は、ここで言及して援用する。さらに、フォトニッククリスタルキャビティは固有の放射損を被らず、製造に関連する不規則性(disorder)に対して幾分無感覚である。これは、Fan et al., "Theoretical investigation of fabrication-related disorder on the properties of photonic crystals", Journal App. Phys. 78, 1415(1995)に記されている。この文献は、ここで言及して援用する。

図示した実施の形態において、フォトニッククリスタル302は、シリコン等の基板上的高指標誘電ポスト(high-index dielectric post)132の方形格子として形成される。このポストは、半径 $0.20a$ 、誘電率 $11.56$ である。ここで、 $a$ は格子定数である。2列のポストを除去して導波ガイドを形成する。2本のポストを変えて導波ガイドの間に結合要素を導入する。これによって、キャビティ308、310を規定する。各キャビティは、半径 $0.05a$ 、誘電率 $6.6$ である。このキャビティは互いに5格子定数離れ、導波ガイドの各側で、導波ガイドから2格子定数離れる。各キャビティは、独力で縮重したローカル単極状態を支持する。奇および偶状態は、2個の単極を一次的(linear)に組み合わせることで構成される。

同業者に分かるように、このようなCDFは、フォトニッククリスタルを用いて構成できる。ここで、対照(contrasting)誘電率は、第一誘電物質内にチャネ

ルまたは穴を形成し、そのチャネルまたは穴を空気または、第一誘電物質とは異なる屈折率を有する第二誘電物質で埋めることによって得られる。様々なフォトリソグラフィッククリスタル構成の例および製造方法は、米国特許第5,187,461号、第5,389,943号、第5,440,421号、第5,600,483号、米国特許出願第08/395,441号および第08/665,529号に述べられる。これらは、ここで言及して援用する。

図4は、本発明に係るチャネルドロップに使用される物理的機構を示す概略ブロック図である。これは、実質的に同じ周波数の一偶モードと一奇モードを支持する共振器システム405を有する典型的なフィルタ用である。この図は、バス導波ガイド402、ドロップ導波ガイド404、これらの間に連結された共振器システム405を有するチャネルドロップフィルタ400を含む。共振周波数において、バス内のガイドモードは偶モード、奇モードの双方を励起する。かわりに、共振器システムの偶406a～406dモードおよび奇407a～407dモードは実質的に均等に減衰してバスおよびドロップに入る。

伝送（送信）信号408は3部分から成る。つまり、入力信号410と、共振器システムモードの減衰に起因する信号406bおよび407bである。これらの3部分は破壊的に干渉し、その結果ゼロ伝送になる。一方、反射信号412は、2部分からなる。つまり、共振器システムモードの減衰に起因する信号406aおよび407aである。これまでに述べたような、偶および奇状態が実質的に同じ周波数と性質係数を有する条件下では、これらの2部分は打ち消され、ゼロ反射となる。実施の形態において、ドロップ内には、順方向あるいは逆方向のいずれにおいても信号は無い。方向の選択は、偶および奇モードからバスおよびドロップへの減衰振幅の位相によって異なる。

図3に示すCDF300の2個のキャビティは、導波ガイドを介して間接的に、またクリスタルを介して直接的に連結する。各結合機構により、偶および奇状態の周波数を分割する（つまり、縮重を破壊する）が、符号は逆になる。2個の連結機構の間で正確に打ち消すことは、フォトリソグラフィッククリスタル内の4つの個別ポスト314、316、318、320の誘電率を11.56から9.5に変えることで確実に行う。あるいは、4個の個別ポストの半径または形状を減少して

同

じ結果を得ることができる。

分析的には、ガイドモードの波状ベクトル  $k$  が  $k \cdot d = n\pi + \pi/2$  の関係を満たせば、2つの状態の性質係数を等しくできることを示すことができる。ここで、 $d$  は2個のキャビティ（欠陥）間の距離であり、 $n$  は整数である。この条件を満たすために、2個のキャビティを5つの格子定数で分離し、共振周波数でのガイドモードが  $0.25a^{-1}$  の波状ベクトルを有するように欠陥ポストの大きさと誘電率を選択して変える。

これらの仮説を立証するために、図3に示す一般的な構成のフィルタ反応を、差分時間領域方式(finite-difference time-domain scheme)を用いて算出する。導波ガイドの一本にパルスを送り、偶および奇状態を共に励起する。これらの2つの状態は、導波ガイドにおいて指数関数的に減衰する。減衰する振幅をフーリエ変換することで、構成30に対する偶および奇モードの周波数スペクトラムを見つけることができる。それぞれ、図5のグラフに示すようにローレンツ型線形状(Lorentzian lineshape)を有する。2つの線形状は所望の通り、ほぼ完全に重複する。

伝送信号のスペクトラムと、順方向および逆方向ドロップ内での信号を、それぞれ図6A～図6Cに示す。伝送効率は、共振周波数以外の全スペクトラムにわたって100%に近い。共振周波数では、伝送効率は、図6Aに示す通り、0%に低下する。順方向ドロップはローレンツ型線形状を示し、共振において100%に近い最大値を示す。性質係数は、図6Bに示すように1000を超える。逆方向ドロップは、図6Cに示すように、ほぼ完全に信号が欠如する。

図7は、図3に示すCDF300の共振周波数において算出された電界パターンを示す。この電界は、 $0.3696c/a$  の安定状態周波数において、最大転送効率を示す。このパワーは、バスからドロップに完全に転送される。シュミレーションによると、チャンネルドロップフィルタの理想的な性質が見られる。

図8は、本発明に係る共振器システムフォトリッククリスタルCDF700の別の実施の形態を示す平面図である。CDF700は、2本の導波ガイド、バス



704とドロップ706、を有するフォトニッククリスタル702を有する。フォトニッククリスタル702は、高指標誘電ポスト708の方形格子として形成

される。このポストは、 $0.20a$ の半径と、 $11.56$ の誘電率を有する。ここで、 $a$ は格子定数である。2列のポストを除去して導波ガイドを形成する。2本の導波ガイドの間の結合要素は共振器システム709であり、これは、二重縮重モード（つまり、同じ周波数の2つのモード）を有する一つのキャビティ710からなる。このキャビティは、一つのポストの半径を $0.20a$ から $0.60a$ に増加して形成する。あるいは、一つのポストの誘電率を変えても形成できる。図示した実施の形態では、誘電率を増加する。また、上述のように、空気または、対照的な誘電率を有する物質のチャネルまたは穴を有するフォトニッククリスタルを製作できる。

図9は、図8に示すCDF700の共振器システムのモードにおいて、導波ガイドが無い場合に算出された電場パターンを示す。この電場パターンは、導波ガイドが無い場合のCDF700の共振器システムの二つの二重縮重モードを示す。これらのモードの内一つは偶であり他方は奇なので、図9に示す電場パターンとなる一般的な構成は、最大CDF効率を達成するための第一および第二条件、つまり、少なくとも1枚のミラー平面を有し、少なくとも2つの向かいあわせに対称的な（ちょうど反対の）共振モードを有し、この2つのモードは同じ周波数を有するという条件を満たす。しかし、導波ガイドがある場合、縮重は破壊され、2つのモードは異なって導波ガイドに結合する。したがって、これらは異なる性質係数を有する。これは、転送効率を100%より下げる効果がある。転送効率を最適化するために、キャビティの形状を変え、その上あるいはまたは、共振モードが実質的に同じ周波数を有するように近接するポストの大きさや誘電率を変える。

図10は、本発明に係る共振器システムCDF900の別の実施の形態を示す。CDF900は、2本の導波ガイド、バス902とドロップ904、を有する。この導波ガイドは、シリコン等の基板上の、高誘電物質でできた従来のチャネル導波ガイドである。共振器システム906の形状をした結合要素は、誘電領域

908を含むフォトニッククリスタルから形成される。この領域908には、周期的に穴910列が形成される。周期性を断ち切ることで、穴列内に2個の欠陥912、914を形成する。これらの2個の欠陥はキャビティとして作用する。  
あ

あるいは、上記のように、この穴をロッドで置き換えることもできる。

上記すべての例示的实施形態の効率は、共振器システムの形状（ジオメトリ）と屈折率の少なくともいずれかについてのパラメータを構成して選択することにより最適化される。適当な形状と屈折率の少なくともいずれかを共振器システムに対して選択することにより、縮重モード（degenerate mode）の周波数が、効率の基準に従ってほぼ同一になる。さらに、共振器システムの形状及び屈折率は、縮重モードの減衰（decay）又は散逸率（dissipation rate）が、バス導波ガイドとドロップ導波ガイド（bus and drop waveguides）において実質的に同一であるように構成される。

したがって、図3のCDF300は、ポスト314、316、318、320が残りのポスト312に対して、上述のように誘電率を変えるのではなく、形状、すなわち大きさ及び形が変化するように構成することができる。さらに、図8のCDF700は、キャビティ710に隣接するポストの形状と屈折率の少なくともいずれかを決定することにより最適化できる。例えば、ポスト712および714は、キャビティ710よりも小さいが、フォトニッククリスタル（photonic crystal）の他のポスト708よりも大きく形成することができる。あるいは、キャビティを、単一ポストの両側を切断または切削（シェービング：shaving）して、上面図がダイヤモンド形状のポストを形成するよう構成することもできる。上述のように縮重モードと減衰率が一致すべく図10のCDF900の共振器システムを修正する一例として、誘電領域908を、欠陥（defects）912及び914に隣接する領域においてより幅広く形成することができる。

さらなる例示的な実施形態においては、調整可能な（tunable）チャネルドロップフィルタのデザインが考慮される。これまで説明した各実施形態においては、チャネル周波数は、製造と同時に決定する、構造の形状及び誘電率により決定

されていた。チャンネルの周波数を動的に変化させるために（すなわち、同一の装置を使用して異なる周波数をドロップさせるために）、非線形材料を使用することができる。そして、電気光学効果、電荷キャリア効果（charge-carrier effect）、及びDXセンタの光イオン化など（ただしこれらに限られない）の電子、圧電、熱または電磁機構を使用して、共振器システム又はその周辺装置の誘電率を形成

し、CDFを調整可能にする。非線形材料を使用した共振器システムの共振調整の例が、Villeneuve et al., "Single-mode waveguide microcavity for fast optical switching", Optics Letters, Vol. 21, No. 24, 2017(1996)に記載されている。

チャンネルドロップフィルタは、フォトニックIC（集積回路）及び光通信システムの重要なコンポーネントである。これらの装置により、WDM信号における1つまたは複数の周波数チャンネルに、他のチャンネルを妨害することなくアクセスできる。これまで、2つの導波ガイドの結合要素として、少なくとも2つの共振モードを使用する装置が用いられていた。2つの共振器を用いる結果、ローレンツ型伝達線形状（Lorentzian-shaped transfer lineshape）又は応答関数が生じる。転送（transfer）効率は共振周波数において100%に達し、共振周波数から離れると急激に減少する。実際のWDMシステムにおいては、フィルタの共振周波数は、その製造に関連する不規則性（disorders）のために不確実である。さらに、信号周波数は、光源における温度変化のために変動する。ローレンツ型伝達関数では、フィルタの製造及び光源の周波数安定において高精度の精密性が要求される。

これに対し、「頂部が平坦な（フラットトップ：flat-top）」応答関数を有するフィルタ構造は、周波数のわずかに異なる信号を、同様の効率で転送することができるため、多大な構造及び温度変化を許容することができる。さらに、フィルタのデザインが、線形状の「側壁」に関して实际的に考慮される。ローレンツ関数は、共振周波数からはかなり離れて、 $(\delta\omega)^{-2}$ で下降する。ここで、 $\delta\omega$ は、フィルタの信号周波数と共振周波数との差である。しかしながら、实际的な

システムによっては、近接する周波数チャンネル間のクロストークを低減するためにより速い下降（fall-offs）が要求される。

これらの実際的な考察に対処するため、本発明では、カスタマイズされた応答関数を有するチャネルドロップフィルタのデザインを提供する。これらの構造は、複数の共振器を導入し、これら共振器の中心周波数及び幅を適当に調整することにより形成される。例示的な実施形態として、所望される「平坦な頂部」及び「鋭い側壁」の特性をいずれも備えたフィルタ構造の伝達線形状を説明する。そ

の応答線形状に加え、このデザインはさらに独自の切り換え機能の可能性をも提供する。この説明では、「平坦な頂部」及び「鋭い側壁」の応答特性を有するフィルタ構造に焦点を当てるが、以後説明する構造によって、他の応答関数も生成可能であることが当業者には理解される。

ローレンツタイプ以外の伝達線形状を有するためには、2つ以上の共振器を保持する構造が必要である。図11は、本発明による共振器システムCDF1100の概略ブロック図である。CDF1100は、入力導波ガイド1102、出力導波ガイド1104及びこれらの導波ガイドの間に結合され、複数の共振モードを有する共振器システム1106を含む。信号転送が発生するためには、共振器システムが、入力導波ガイドに直接接続された少なくとも1つの外部サブエレメントを含む必要がある。図示される例では、バス外部サブエレメント1108及びドロップ外部サブエレメント1110が設けられている。外部サブエレメントが1つだけ設けられている特定ケースの場合には、そのサブエレメントはいずれの導波ガイドにも接続されなければならない。

共振器システムは、導波ガイドには直接接続されず、他の共振器にのみ接続される内部サブエレメント1112をさらに含むことができる。内部サブエレメントを導入することにより、任意の応答線形状を有するフィルタの設計において、より高い柔軟性を認めることができる。

各サブエレメントは、1つ又は複数のローカル共振モードを支持する。ローカル共振モードは、サブエレメントがシステムの他の部分から分離されているという条件の下でのサブエレメントの固有（振動）モードである。したがって、ロー

カルモードがサブエレメントに空間的に関連づけられている。相互作用が存在する場合には、ローカルモードは必ずしもシステム全体の固有モードではない。よって、CDF構造においては、ローカルモードは1つ又は複数いずれかの周波数成分を含む。これら周波数成分の実際の配置は、サブエレメント間の相互作用の本質に依存する。各サブエレメントは、そのサブエレメントにのみ関連づけられた対称性（シメトリ）として定義される、ローカル対称性をさらに有する。ローカル対称性は、以後広域（global）対称性と呼ぶ、構造全体の対称性と同一である必要はない。

バス導波ガイドに接続された外部サブエレメント（以後、バスサブエレメントと呼ぶ）は、導波ガイドに垂直なローカルミラー平面对称性を有し、互いに逆対称の少なくとも2つのローカルモード、すなわち、少なくとも1つの偶の（even）ローカルモードと少なくとも1つの奇の（odd）ローカルモードを支持しなければならない。ゼロ反射（zero reflection）を得るために、これらのモードの逆方向への減衰振幅はゼロまで加算されなければならない。ローカルモードが2つしか存在しない場合には、ミラー平面に関して、一方が偶で、他方が奇でなければならない。バス導波ガイドの逆方向における減衰振幅を相殺するために、これら2つのモードの線形状は実質的に重複しなければならない。このため、これら2つのモードの対応するコンポーネントは、実質的に同一の中心周波数及び同一の幅を持つことが要求される。一方、2つ以上のローカルモードが存在する場合には、全ての偶のモードからの減衰振幅の和が、全ての奇モードからの減衰モードの和を相殺することだけが求められる。

エネルギー保存の観点から、完全な転送を得るためには、共振器システムのエネルギーは、バス導波ガイドとドロップ導波ガイドにおいて同じ速度で減衰することが必要である。これは、例えば導波ガイドに平行するミラー平面を含む構造を有することにより実現できる。ドロップ導波ガイドの順方向又は逆方向いずれかへの一方向転送を行うためには、ドロップ導波ガイドに接続された外部サブエレメント（以後、ドロップサブエレメントと呼ぶ）は、ローカルミラー平面を有し、対称性が逆のローカルモードを支持する特性を備えなければならない。

伝達線形状は、サブエレメント間の相互作用を調節し、さらに共振器システムと導波ガイドとの間の相互作用を調節することによりカスタマイズできる。ドロップしたチャンネルの数は、異なるチャンネル間の周波数間隔及びCDF伝達（転送）関数の幅によって決定する。場合によっては、伝達関数の幅を増加させて、より多くの周波数チャンネルの転送を可能にすることが望ましいこともある。これは、例えば、共振器システムにおけるローカル共振モードの数を増加により実行できる。

要約すると、本発明の1実施形態は、希望のガイドモードを含む複数のモードを有する信号を搬送する入力導波ガイドと、出力導波ガイドとを含む電磁場周波

数フィルタを提供する。入力導波ガイドと出力導波ガイドの間に共振器システムが結合され、所望のガイドモードを出力導波ガイドに転送し、入力導波ガイドによる残りの周波数の伝送を可能にする。共振器システムは、入力導波ガイドに接続された外部サブエレメントを含む。この外部サブエレメントは、導波ガイドに垂直なローカルミラー平面を有し、このミラー平面に対して互いに逆対称の少なくとも2つのローカル共振モードを決定する。共振モードは、入力導波ガイドの逆方向において相殺するコンポーネントを有する結果、反射は起こらない。

一例として、最大値の平坦な線形状（maximum-flat line-shape）伝達関数を生成できる構造を考える。最大値の平坦な線形状伝達関数 $T(\omega)$ の例が以下に定義される：

$$T(\omega) = \frac{\Upsilon^4}{(\omega - \omega_0)^4 + \Upsilon^4}, \quad (1)$$

ここで、 $\omega_0$ は中心周波数、 $\Upsilon$ は最大値の半分（half maximum）における半幅である。かかる伝達関数は、所望される「平坦な頂部」と「鋭い側壁」の特性をいずれも備える。上述の要件を満たすために、図12に示すような導波ガイドに対して一方が平行で他方が垂直な2つのミラー平面を有する構造を考える。

図12は、共振器システムCDF1200の概略ブロック図である。CDF1200は、入力導波ガイド1202、出力導波ガイド1204及び2つの外部サブエレメント1208と1210から構成され、内部サブエレメントを含まない

共振器システム1206を有する。各外部サブエレメントは、導波ガイドに近接する2つのキャビティ（図示せず）を含み、2つのローカル共振モードを支持する。入力導波ガイド1202に接続されたサブエレメント1208は、 $|1, e\rangle$ で示される偶のローカルモード及び $|1, o\rangle$ で示される奇のローカルモードを支持する。偶の及び奇の特性は、この例においてはサブエレメントのローカルミラー平面でもある、導波ガイドに垂直なミラー平面に関連して決定する。

2つのサブエレメントの相互作用のため、これらのローカルモードは構造全体の固有状態ではない。構造の4つの固有状態は、2つのミラー平面に関して異なる対称特性を有し、その対称特性に従ってそれぞれが示される。例えば、状態 $|$

$even-odd\rangle$ は、導波ガイドに平行なミラー平面に関して偶であり、導波ガイドに垂直なミラー平面に関して奇である。各固有状態はローレンツ型の線形状を有し、その中心周波数及び幅によって特徴づけられる。

ローカルモードは、システムの固有状態に関して展開（expansion）が可能である。例えば、サブエレメント1208の場合、

$$|1, e\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|even-even\rangle + |odd-even\rangle) \quad (2)$$

$$|1, o\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|even-odd\rangle + |odd-odd\rangle) . \quad (3)$$

このような展開により、各ローカルモードの線形状が2つのローレンツ関数の和から構成されていることが分かる。ゼロ反射を実現するためには、これらの2つの線形状が互いに相殺しなければならない。相殺は、次の2つの方法のいずれかにより実行できる。

可能性1：

$$\omega_{even-even} = \omega_{odd-even} \equiv \omega_1 \quad (4)$$

$$\omega_{even-odd} = \omega_{odd-odd} \equiv \omega_2 \quad (5)$$

$$\Upsilon_{even-even} = \Upsilon_{odd-even} = \Upsilon_{even-odd} = \Upsilon_{odd-odd} = \Upsilon \quad (6)$$

可能性 2 :

$$\omega_{\text{even-even}} = \omega_{\text{odd-odd}} \equiv \omega_1 \quad (7)$$

$$\omega_{\text{even-odd}} = \omega_{\text{odd-even}} \equiv \omega_2 \quad (8)$$

$$\Upsilon_{\text{even-even}} = \Upsilon_{\text{odd-even}} = \Upsilon_{\text{even-odd}} = \Upsilon_{\text{odd-odd}} \equiv \Upsilon \quad (9)$$

ここで、各 $\omega$ は対応する固有モードの中心周波数であり、各 $\Upsilon$ は幅である。第1のシナリオでは、周波数はドロップ導波ガイドの順方向に沿って転送され、第2のシナリオでは、ドロップ導波ガイドの逆方向に沿って転送される。

最大値の平坦な (maximum-flat) ) 伝達線形状をいずれのシナリオにおいても

実現するために、2つのサブエレメントとの間の結合強度が調整される。かかる結合は、導波ガイドに平行なミラー平面に関して偶及び奇の固有モードを分割する効果を有する。周波数分割が固有状態の幅の2倍にほぼ等しい場合、すなわち、  

$$\omega_1 - \omega_2 = 2\Upsilon \quad (10)$$

の場合、構造は最大値の平坦な伝達関数を表す。

さらに、4つの状態全てに同一の周波数及び同一の幅を持たせることにより、転送を完全に除去 (eliminate) することができる。

$$\omega_{\text{even-even}} = \omega_{\text{odd-even}} = \omega_{\text{even-odd}} = \omega_{\text{odd-odd}} \quad (11)$$

$$\Upsilon_{\text{even-even}} = \Upsilon_{\text{odd-even}} = \Upsilon_{\text{even-odd}} = \Upsilon_{\text{odd-odd}} \quad (12)$$

順方向から逆方向に転送を「切り換える」ために、又は転送を除去するために、共振周波数を、中心周波数の1000分の1の小ささである得る、共振ピークのほぼ1幅分シフトさせる必要がある。このような周波数シフトは、半導体材料におけるカー効果など（ただしこれに限定されない）の非線形効果を使用して簡単に実現できる。

図13は、共振器システムのフォトニッククリスタルCDF1300の別の例示的な実施形態を示す平面図である。CDF1300は、2つの導波ガイド、バス1302とドロップ1304を有するフォトニッククリスタル1301を含む。フォトニッククリスタル1301は、高指数の誘電ポスト1318によって形成される方形格子として構成されている。ポストは、半径が0.20a (aは格



子定数)で、誘電定数が11.56である。導波ガイド形成のため、2行のポストが取り除かれている。

2つの導波ガイド間の結合要素は、微小キャビティ1306, 1308, 1310, 1312を形成する4つの点欠陥(point defects)を含む共振器システム1303である。微小キャビティは、例えば、4つのポストの半径を1.20aより減少させることにより形成される。あるいは、4つのポストの誘電定数を変えることによっても形成できる。また、すでに説明したように、空気の通路又は孔あるいは対照(contrasting)誘電定数を有する材料によって、フォトニッククリスタルを製造することもできる。

微小キャビティは、バスサブエレメント1314とドロップサブエレメント1316の2つの外部サブエレメントに対して分けられる。これらのサブエレメントは、導波ガイドに垂直で、図示される実施形態では全体構造のミラー平面でもある、ローカルミラー平面の対称性を持つ。なお、この形状には内部サブエレメントは含まれない。両サブエレメント間でキャビティどうしは5格子定数離れ、それぞれの導波ガイドからは2格子定数隔てられている。各キャビティは、単独縮重の、ローカル化された単極(monopole)状態を支持する。すでに説明したように、偶及び奇の状態はこれらの単極の線的組み合わせによって構成される。

ガイドされたモードの波動ベクトル $k$ が、 $k \cdot d = n\pi + \pi/2$  ( $d$ は導波ガイドと平行方向における欠陥の距離、 $n$ は整数)の関係を満たせば、これらの対称状態の性質係数を等しくすることができる。この条件は、欠陥どうしを5格子定数離し、ガイドされたモードが共振周波数において $0.25a^{-1}$ の波動ベクトルを有するように、欠陥ポストの大きさ及び誘電定数を選択することにより、満たすことができる。

単極は導波ガイドを介して間接的に、そして $x$ 方向に沿ってはフォトニッククリスタルによって直接的に結合されている。各結合機構は、導波ガイドに垂直なミラー平面に関し対称性の異なる状態の周波数を分割する(すなわち、縮重を破壊する)が、符号は逆になる。図13に示すように、フォトニッククリスタルのポスト1320, 1322, 1324, 1326などの選択されたロッドの誘電

定数、大きさ、形状の少なくともいずれかを、誘電定数の場合には11.56から7.5に変えることにより、2つの結合機構間の確実な相殺が保証される。導波ガイドに平行するミラー平面に関して対称性が逆の状態間での適当な周波数分割を保証するために、y方向におけるキャビティ間の距離は4格子定数が選択されている。

図13に示した構造のフィルタ応答は、差分時間領域方式 (finite-difference time-domain scheme) によって算出できる。一方の導波ガイドにパルスが伝送されて、共振状態を起こす。つづいて、これらの共振状態は指数関数的に (exponentially) 導波ガイドに減衰する。減衰振幅をフーリエ変換することにより、それぞれがローレンツ型線形状を有するすべての対称状態の周波数スペクトルを求めることができる。図14は、図13に示されるCDF1300の偶-偶、奇

一偶、奇-奇モードの周波数スペクトルを示すグラフである。要求されるように、偶-偶状態1400と奇-偶状態1402の線形状はほぼ完全に重複し、偶-奇状態1404と奇-奇状態1406の線形状に関してもこれと同様である。さらに、所望されるように、偶-偶状態の中心周波数は、偶-奇状態の中心周波数に対して、共振ピークの幅の2倍だけ離れている。

順方向及び逆方向ドロップにおける信号のスペクトルが、伝送された信号のスペクトルとともに図15Aから図15Cに示されている。図15Aから図15Cは、それぞれ、図13のCDF1300のバスにおける伝送された信号の強度スペクトル、順方向ドロップにおける伝送された信号の強度スペクトル、及び逆方向ドロップにおける伝送された信号の強度スペクトルを表すグラフである。伝送は、中心周波数付近を除きスペクトル全体にわたって100%に近い。中心周波数付近において伝送は0%に降下する (図15A)。順方向ドロップは、中心周波数において最大値の99%近くに達する (図15B)。逆方向ドロップは、ほぼ完全な信号の不在を示している (図15C)。ここで、伝達線形状は、実際に最大値の平坦な特性を示している。すなわち、共振ピークにおいて頂部が平坦化され、中心周波数を離れると伝達振幅は急激な下降線を表している。

図16は、共振器システムのフォトニッククリスタルCDF1600の別の例

示的な実施形態を示す平面図である。CDF 1600は、高指数の誘電性ポスト1603の形成する方形格子であるフォトニッククリスタル1601で構成され、バス導波ガイド1602及びドロップ導波ガイド1604を有する。本実施形態においては、2つの導波ガイド間の結合要素は、それぞれが二重縮重モード(doubly degenerate modes) (すなわち同一周波数を有する2つのモード) を支持する2つのキャビティ1606, 1608を形成する2つの点欠陥を含む共振器システム1605である。点欠陥の各中心は、導波ガイドに垂直な軸に位置合わせされている。各キャビティは、バスサブエレメント1610とドロップサブエレメント1612をそれぞれの外部サブエレメントとして形成している。この構造においては、内部サブエレメントは存在しない。

キャビティ1606, 1608は、2つのロッドの半径を $0.20a$ から $0.60a$ に拡大することにより形成される。対称モードは、全モードの線形状の組

合わせにより構成される。欠陥ロッドと欠陥に最も近接して位置するロッドの少なくともいずれかの形状及び誘電定数を変化させることにより、対称モードの周波数を調整することができる。導波ガイドに平行するミラー平面に関して対称の異なるモード間の周波数分割は、欠陥どうしの距離を変化させ、キャビティの間に位置するロッドの形状又は誘電定数を変化させることにより、調整が可能である。このような調整機構により、最大値の平坦な伝達線形状を有する、順方向への完全な転送を達成するための近似位置に、共振周波数を位置させることができる。

図17は、共振器システムフォトニッククリスタルCDF 1700の別の例示的な実施形態を示す平面図である。CDF 1700は、高指数の誘電性ポスト1703から成る方形格子のフォトニッククリスタル1701で構成され、バス導波ガイド1702及びドロップ導波ガイド1704を有する。本実施形態においては、2つの導波ガイド間の結合要素は、2つのキャビティ1706, 1708を形成する2つの点欠陥を含む共振器システム1705である。

CDF 1700は2つの外部サブエレメントを含む。各キャビティが、それぞれの外部サブエレメント、すなわちバスサブエレメント1710及びドロップサ

ブエレメント1712を決定している。この構造には、内部サブエレメントは含まれない。これらのサブエレメントは、それぞれが、ローカルミラー平面を有し、このローカルミラー平面に関して対称性が逆の2つのローカル共振器を支持する単一の欠陥を含む。前出の実施形態とは違い、この構造には広域ミラー平面が含まれない。完全な転送を実現するために、偶及び奇のローカルモードの線形状が互いに相殺される必要がある。これは、キャビティに近接するポストの誘電定数又は大きさを変えることにより実現する。キャビティの間に位置するロッドの誘電率又は大きさを調整することにより、この2つのキャビティにおけるローカル共振器の結合を調節できる。

図18は、共振器システムのフォトニッククリスタルCDF1800の別の例示的な実施形態を示す平面図である。CDF1800は、高指数の誘電性ポスト1803の形成する方形格子であるフォトニッククリスタル1801で構成され、バス導波ガイド1802及びドロップ導波ガイド1804を有する。本実施形態

においては、2つの導波ガイド間の結合要素は、それぞれが二重縮重モード（すなわち同一周波数を有する2つのモード）を支持する2つのキャビティ1806、1808を形成する2つの点欠陥を含む共振器システム1805である。点欠陥の各中心は、導波ガイドに平行する軸に位置合わせされている。各キャビティは、単一の外部サブエレメント1810を形成している。この構造においては、内部サブエレメントは存在しない。

CDF1800の形状により、キャビティ間の間接的な結合経路が提供される。このような間接的な結合経路は、前述の実施形態において存在する他の機構に加え、対称モードの共振周波数の調整にも使用できる。この追加的な機構により、順方向又は逆方向いずれかにおいて完全な転送が実現できる。さらに、転送を完全に除去することができる。

図19は、共振器システムのフォトニッククリスタルCDF1900の別の例示的な実施形態を示す平面図である。CDF1900は、高指数の誘電性ポスト1903の形成する方形格子であるフォトニッククリスタル1901で構成され

、バス導波ガイド1902及びドロップ導波ガイド1904を有する。本実施形態においては、2つの導波ガイド間の結合要素は、それぞれが単独縮重共振器を支持する6つのキャビティ1906, 1908, 1910, 1912, 1914, 1916を形成する6つの点欠陥を含む共振器システム1905である。点欠陥の各中心は、導波ガイドに平行する軸に位置合わせされている。

CDF1900は、2つの外部サブエレメントを含む。キャビティ1906及び1908により外部バスサブエレメント1918が決定し、キャビティ1914及び1916により外部ドロップサブエレメント1920が決定する。中央の2つのキャビティ1910, 1912は直接導波ガイドに接続されず、他のキャビティを介してのみ導波ガイドに接続される。この構造は、内部サブエレメント1922を有するCDFの一例である。この場合、内部サブエレメントの存在は、外部サブエレメントの偶及び奇のローカル状態の重複には影響せず、単に偶及び奇の状態の周波数を変えるだけである。キャビティ間の距離及びキャビティ間に位置するロッドの誘電定数を調整することにより、バターワース関数(Butterworth function)などのより複雑な線形状を実現することができる。さらに、フオ

トニッククリスタルにおけるポスト1924, 1926, 1928, 1930などの選択されたロッドの誘電定数、大きさ、形状の少なくともいずれかを変えることにより、結合機構間の確実な相殺が保証される。

図20は、共振器システムのフォトニッククリスタルCDF2000の別の例示的な実施形態を示す平面図である。CDF2000は、高指数の誘電性ポスト2003の形成する方形格子であるフォトニッククリスタル2001で構成され、バス導波ガイド2002及びドロップ導波ガイド2004を有する。本実施形態においては、2つの導波ガイド間の結合要素は、3つのキャビティ2006, 2008, 2010を形成する3つの点欠陥を含む共振器システム2005である。点欠陥の各中心は、導波ガイドに平行する軸に沿って位置合わせされている。キャビティは単一の外部サブエレメント2012を決定している。この構造においては、内部サブエレメントは含まれない。

前述の実施形態とは違い、この構造の外部サブエレメント2012は、導波ガイドに対して垂直なミラー平面に関して、1つが奇であり、他の2つが偶である3つのローカル共振器を含んでいる。外部サブエレメントは1つであり、内部サブエレメントは存在しないので、これらのローカルモードはフィルタ構造全体の固有状態である。奇のモードの線形関数が2つの偶モードの線形状の和を相殺すれば、完全な転送が実現可能である。これは、奇モードの中心周波数を、2つの偶モードの中心周波数の間に位置させ、奇モードの幅を2つの偶モードの幅より大きくすることにより実現する。中心キャビティにおいては偶モードの振幅は大きく、奇モードの振幅は小さいので、中心キャビティの誘電定数又は大きさを変えることにより、偶及び奇モードの周波数の相対的位置を調節することができる。これらのモードの幅は、キャビティ間の距離を変えることにより調節できる。フォトニッククリスタルにおけるポスト2014、2016、2018、2020、2022、2024などの選択されたロッドの誘電定数、大きさ、形状の少なくともいずれかを変えることにより、結合機構間の確実な相殺が保証される。好ましくは、ポスト2016及び2022は、他のポスト2014、2018、2020、2024とは違った方法で変更される。

図21は、共振器システムCDF2100の他の代替の代表的形態を示す平面

図である。CDF2100では、フォトニッククリスタルで構成される共振器システム2105と共に、高誘電材料から成る従来のチャネルバス2102およびドロップ2104導波ガイドを使用する。このCDF2100は、放射損失を伴うケースである。

共振器システム2105は、二つの誘電領域2106、2108から成り、それらの領域はそれぞれ、周期的に設けられた一連の空孔2110を有する。各領域において、その周期性を中断することにより、空孔の列内に二つの欠陥部2112、2114/2116、2118を導入する。これらの欠陥部が、微少キャビティのように作用する。放射損失のない場合の上述の二つの実施形態とは異なり、これらの二つの欠陥状態によって、放射モードおよび導波モードの両モードに減衰する。したがって、放射損失の存在下で、最大限に平坦な線形で順方向へ

の最大転送を達成する条件は、以下のようになる。

$$\omega_{\text{even-even}} = \omega_{\text{odd-even}} = \omega_{\text{even}} \quad (13)$$

$$\omega_{\text{even-odd}} = \omega_{\text{odd-odd}} = \omega_{\text{odd}} \quad (14)$$

$$\Gamma_{\text{even-even}} = \Gamma_{\text{odd-even}} = \Gamma_{\text{even-odd}} = \Gamma_{\text{odd-odd}} = \Gamma \quad (15)$$

$$\Gamma_{\text{even-even}}^* = \Gamma_{\text{odd-even}}^* = \Gamma_{\text{even-odd}}^* = \Gamma_{\text{odd-odd}}^* = \Gamma^* \quad (16)$$

$$\omega_{\text{even}} - \omega_{\text{odd}} = 2\Gamma \quad (17)$$

ここで、各 $\omega$ はそれぞれ対応する固有モードにおける中央周波数であり、各 $\Gamma$ は共振ピークの幅である。各 $\Gamma^*$ は、導波ガイド内へのエネルギー放散のみに基づく共振ピークの幅である。

ドロップされるチャンネル数は、異なるチャンネル間の周波数間隔 (frequency spacing) と、CDF 伝達関数の幅とに依存することが、当業者にとって明らかであろう。場合によっては、伝達関数の幅を増大させてより多くの周波数チャンネルの転送を実施可能にすることが望ましいかもしれない。それは、例えば共振器システム内の局所共振モード数を増大することによって達成できる。

極めて効率的なチャンネルドロップフィルタ構造を、以上に示した。これらの構造によって、波長分割マルチプレックス (WDM) 信号内の一つまたは数個の周

波数チャンネルを、他のチャンネルを妨害することなく、バス導波ガイドから結合エレメントを通じてドロップ導波ガイドへ完全に転送することが可能になる。結合エレメントの共振周波数を変更し、それにより周波数チャンネルの動的選択を可能にする、調整メカニズムも紹介した。ただし実用的なWDMシステムでは、そのようなチャンネル選択能力に加え、周波数チャンネルの転送をオンおよびオフに切換えられることが望ましい。理想的には、「オン」状態の時、(複数の) 周波数チャンネルはバスからドロップ導波ガイドへ完全に転送され、「オフ」状態の時、(複数の) 周波数チャンネルはバス導波ガイド内でなんら摂動を受けない状態 (unperturbed) に維持される。上述した周波数調整メカニズムを用いて、そのようなオン/オフ機能を達成することが考えられる。しかし、デバイスをオフにする際に、結合エレメントの共振周波数を、WDM信号の周波数全領域外に変更しなければならない。そのような周波数の変更は、切換時に大きな電力を必要とし、実

用的でない。

本発明のさらなる実施形態にしたがい、吸収によって誘導される切換作用を用いたオン・オフ機能の達成を説明する。この作用の基本的動作原理を、図22Aおよび22Bに示す。図22Aおよび22Bは、オン状態およびオフ状態の各々において吸収誘導式切換のメカニズムを用いる、チャネルドロップフィルタ2200の機能ブロック図である。フィルタ2200は、バス導波ガイド2202と、ドロップ導波ガイド2204と、前述のとおり結合エレメントとして機能する共振器システム2206とを含む。調整可能な吸収係数を有する材料が、結合エレメント内に組み入れられている。吸収係数の値によって、フィルタは図22Aに示す「オン」状態と、図22Bに示す「オフ」状態とに切換えられる。

前述のとおり「オン」状態では、材料は最小吸収係数を有し、構造体は通常のチャネルドロップフィルタのように機能する。共振周波数では、電力はバス導波ガイドからドロップ導波ガイドへ完全に転送される。バス導波ガイド内の伝送振幅は、結合エレメントと到来波とからの減衰振幅間の破壊的干渉によって、ゼロに降下する。電力は、結合エレメントからの減衰振幅を通じて、ドロップ導波ガイド内へ転送される。例示の目的で、図22Aにドロップ導波ガイド内における逆方向の転送を示す。電力が順方向に転送されるケースも、まったく同様である。

「オフ」状態では、キャビティ内の吸収性材料は、最大の吸収係数を有するよう調整されている。したがって、結合材料内の共振は無効 (spoiled) になり、結合エレメントからの減衰振幅は除去される。共振モードの周波数と減衰率とが、実質的に同じである必要はなくなる。ドロップ導波ガイド内では、波電力はすべて減衰振幅に起因するため、電力転送は完全にオフにされる。それに対してバス導波ガイド内では、減衰振幅がなくなると、破壊的干渉が存在しなくなる。それにより、図22Bに示すとおり、全周波数範囲において到来波の伝送が100%近くに維持される。

「オフ」および「オン」の両状態において、吸収による信号損失は最低限に抑えられることが明らかであろう。「オン」状態では、吸収係数は最小にされ、設



計上、吸収に関連した損失は最小限になるはずである。この状態では、光子は結合エレメント内で、大きなフィールド振幅を有する。それに対して「オフ」状態では、大きな吸収係数を導入することで、結合エレメント内の共振は無効にされる。光子は、結合エレメント内で大きなフィールド振幅を有しなくなる。唯一の吸収損失は、導波モードの指数関数テール (exponential tail) を通じたトンネル作用によるものである。そのようなトンネル作用は、導波ガイドと結合エレメントとの間の距離、すなわちトンネルバリアを増大することにより最少化される。

定量的には、スイッチの応答スペクトルは、共振の内部減衰率  $\nu^{\text{in}}$  および外部減衰率  $\nu^{\text{ex}}$  によって検出される。内部減衰率は、キャビティ損失に関連する。キャビティ損失が材料吸収によって誘導される場合、内部減衰率は、以下によって規定される。

$$\nu^{\text{in}} = \alpha \cdot (c / n) \quad (18)$$

ここで、 $\alpha$  は材料の吸収係数であり、 $c$  は真空内の光の速度であり、 $n$  は屈折率である。それに対して外部率は、光子が導波ガイド内へトンネルし共振器システムから漏出する率によって規定される。

減衰率は、以下の関係を通じて内部および外部性質係数に関係する。

$$Q^{\text{in}} = \omega / \nu^{\text{in}} \quad (19)$$

$$Q^{\text{ex}} = \omega / \nu^{\text{ex}} \quad (20)$$

ここで、 $\omega$  は共振周波数である。性質係数  $Q^{\text{in}}$  および  $Q^{\text{ex}}$  はそれぞれ、光子が吸収されるまたは漏出する前に共振器内で経る光学的サイクル数を表す。

詳細な定量的分析は、各個別の要素の状態の性質、すなわち導波ガイド内の伝搬状態および結合エレメントの共振状態を、特定することによって構築できる。それに続いて、それらの状態間の相互作用を説明するハミルトン行列を生成する。そのようなハミルトン行列から、グリーン関数のアプローチを用いて転送特性を抽出することができる。例として、結合エレメントに単一ペアの状態のみが存在する特定のケースで、それらの状態が導波ガイドに平行する鏡面に対して反対の対称性を有する場合において、以下の転送スペクトルが存在する（下付き文字

e および o はそれぞれ、偶数および奇数状態を示す)。

伝送係数：

$$T_{bus} = \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{iv_e^{ex}}{\omega - \omega_e + iv_e^{ex} + iv_e^{in}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{iv_o^{ex}}{\omega - \omega_o + iv_o^{ex} + iv_o^{in}} \right)^2 \quad (21)$$

反射係数：

$$R_{bus} = \left( -\frac{1}{2} \cdot \frac{iv_e^{ex}}{\omega - \omega_e + iv_e^{ex} + iv_e^{in}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{iv_o^{ex}}{\omega - \omega_o + iv_o^{ex} + iv_o^{in}} \right)^2 \quad (22)$$

順方向の転送係数：

$$T_{drop} = \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{iv_e^{ex}}{\omega - \omega_e + iv_e^{ex} + iv_e^{in}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{iv_o^{ex}}{\omega - \omega_o + iv_o^{ex} + iv_o^{in}} \right)^2 \quad (23)$$

逆方向の転送係数：

$$T_{bdrop} = \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{iv_e^{ex}}{\omega - \omega_e + iv_e^{ex} + iv_e^{in}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{iv_o^{ex}}{\omega - \omega_o + iv_o^{ex} + iv_o^{in}} \right)^2 \quad (24)$$

特に関心が持たれるのは、二つの限定的なケースである。一方の限定では、 $v_e^{in}$  は  $v_e^{ex}$  に比べて極めて小さく ( $v_e^{in} \ll v_e^{ex}$ )、すなわち結合エレメント内の調整可能材料の吸収係数が小さい。その場合、式(21)～(24)において  $v_e^{in}$  および  $v_o^{ex}$  は無視できる。したがってそれらの式は、材料吸収を除外したチャネルドロップフィルタの応答を表す。共振周波数では、すべての電力はバス導波ガイドからドロップ導波ガイドへ転送される。スイッチは、「オン」状態である。他方の限定では、 $v_e^{in}$  は  $v_e^{ex}$  に比べて極めて大きく ( $v_e^{in} \gg v_e^{ex}$ )、すなわち結合エレメント内の調整可能材料の吸収係数が大きい。式(21)では、伝送係数が1に近づく。同時に式(22)～(24)では、反射および転送係数が、 $v_e^{in}$  および  $v_o^{ex}$  の増大につれて漸近的にゼロになる。したがって、スイッチは「オフ」状態である。該周波数チャネルは、バス導波ガイド内でなんら摂動を受けずに伝搬する状態に維持される。この分析結果は、前述の性質に関する説明をた

しかに追認するものである。

同等に、減衰率と性質係数との関係（式（19）および（20））に基づき、上記の二つの限定的ケースは、内部および外部性質係数によって表すことができる。「オン」状態は $Q^{in} \gg Q^{ex}$ の場合に相当し、「オフ」状態は $Q^{in} \ll Q^{ex}$ の場合に相当する。

一般的に、結合エレメントは二つより多数の状態をサポートすると考えられる。また、それらの状態の対称性は、上記に特定したものと異なることがある。それらのケースにおいて応答スペクトルは、式（21）～（24）で表されるスペクトルとは異なる。しかし、切換および変調の全体的特性は有効なままである。共振キャビティ内に吸収性を導入することによって、キャビティに関係する（複数の）共振状態を無効にし、キャビティがフィルタ構造の応答に関与することを防止する。

吸収係数は、電氣的、光学的、または機械的などの異なる手段によって変更することができる。例えば、Soref et al., "Electrooptical Effects in Silicon", IEEE J. Quantum Electron., QE-23, 123(1987)およびBennett et al., "Carrier-Induced Change in Refractive Index of InP, GaAs, and InGaAsP", IEEE J. Quantum Electron., QE-26, 113(1987)を参照されたく、これらの両方を本願に引用して援用する。半導体材料において、電子的帯域ギャップより低い周波数を有する電磁波に対して遊離キャリア吸収作用を使用することの可能性が、示されている。

光学的または電氣的励起が存在しない時、伝導帯は空（empty）であり、材料は透明である。すなわち、吸収係数はゼロに等しい。半導体の伝導帯に、電子的帯域ギャップより高い周波数での光学的励起、あるいは電流注入などの電子的励起によって、電子を注入することができる。それらの両励起は、遊離キャリア吸収を誘導する作用がある。バルクのシリコン材料において、1.55ミクロンの波長では、吸収係数をゼロから $10^5 \text{ m}^{-1}$ に簡単に調整できる。それは、無限大から約100への内部性質係数の変化に相当する。したがって、千またはそれ以上の程度の外部性質係数を有する構造体において、有意な切換動作が達成できる。なお、共振の外部性質係数が増大するにつれて、吸収係数に必要な調整範囲の

大きさが縮小する。

上記のすべての説明はデバイスの切換に関する側面に焦点を当てたが、同じデバイスを用いて吸収係数を時間に対して変調することによって、変調器機能を達成できることが当業者にとって明らかであろう。光学的変調器は、光波信号に情報を含ませる作業を実施するデバイスである。式(21)～(25)に見られるように、導波ガイド間で切換えられる電力の割合(fraction)は、共振の内部性質係数に依存する。その内部性質係数は、キャビティ内の材料の吸収の強さによって決定される。吸収が存在しない場合は、電力は完全にドロップ導波ガイドに転送される。吸収が十分に大きい場合は、電力はバス導波ガイド内でなんら摂動を受けない状態に維持され、転送は実施されない。吸収が中間値の場合、電力は部分的にドロップ導波ガイドへ転送される。このように、バスおよびドロップの両導波ガイド内の光学的強さのレベルは、キャビティ内の材料の吸収の度合いによって変調できる。

上述の切換および変調の一般的原理は、本明細書に説明する各実施形態において適用できる。前述のすべての実施形態におけるオン／オフ機能の適用を説明する代わりに、代表的な実施形態を示して重要な実際の論点を説明する。

第一の実施形態として、切換／変調機能を、図8に示すフォトニッククリスタルチャネルドロップフィルタ構造に組み入れる。チャネルドロップフィルタ構造は、二つの導波ガイドを有するフォトニッククリスタルを含む。その各導波ガイドは、フォトニッククリスタル内の一列のポストを除去することによって形成されている。二つの導波ガイドの間の結合エレメントは、一つのキャビティから成る共振器システムである。この構造の幾何学的パラメータは、前述したとおりである。切換／変調機能を組み入れるために、調整可能な吸収特性を有する材料を共振キャビティ内に導入する。

図23Aおよび23Bはそれぞれ、本発明によるフォトニッククリスタル共振器システム切換／変調器CDF2300を示す平面図、および線23-23に沿って得られる断面図である。CDF2300は、バス2304およびドロップ2306の二つの導波ガイドを有するフォトニッククリスタル2302を含む。フ

フォトニッククリスタル2302は、高指数誘電性ポスト（high-index dielectric post）2308で形成した方形格子として構成されている。ポストは、 $0.20a$ の半径および11.56の誘電定数を有することが可能であり、ここで $a$ は格子定数である。二列のポストが除去されて、導波ガイドが形成されている。二つの導波ガイドの間の結合エレメントは、単一のキャビティ2310から成る共振器システムである。キャビティは、一つのポストの半径を $0.20a$ から $0.60a$ に拡大することによって形成される。バッファ層2312および電極2314がキャビティ2310に取り付けられていることで、電圧または電流の形態である電氣的励起が伝達される。代替案として、上述のとおりフォトニッククリスタルは、空気または対照的な誘電定数を有する材料から成るチャンネルまたは空孔を含むよう製造されてもよい。

電氣的励起が印加されない時、キャビティ内の材料は透明であり（すなわち吸収係数はごくわずかであり）、該周波数チャンネルは、バス導波ガイドからドロップ導波ガイドへ転送される。上述の有限差異時間ドメインプログラムを用いて、

図24Aおよび24Bに示すような転送スペクトルが算出される。図24Aおよび24Bは、図23Aおよび23Bに示す切換／変調器構造体における、正規化された伝送および転送スペクトルを示す。共振時、周波数チャンネルは、バス導波ガイドからドロップ導波ガイドへ逆方向にて完全に転送される。この状態が、「オン」状態と呼ばれる。シミュレーションでは、共振の外部性質係数は6,000近くであると検出される。

反対に電氣的励起の印加時には、キャビティ内の材料は吸収性を帯びる。1.55  $\mu\text{m}$ の波長では、Siなどの簡単に入手できる材料を用いて、100の内部性質係数が達成可能であることが実証されている。外部および内部の両性質係数は、式(19)および(20)を通じて減衰率に関係する。応答スペクトルは、式(21)～(25)を用いて検出され、図25Aおよび25Bに図示される。図25Aおよび25Bは、図23Aおよび23Bに示す切換／変調器構造体における、正規化された伝送および転送スペクトルを示す。全周波数範囲にわたって伝送係数が100%近いことがわかる。したがって、バス導波ガイドからドロップ

ブ導波ガイドへの転送はオフにされている。この状態が、「オフ」状態と呼ばれる。

図26に示す別の代表的実施形態であり、CDF2300と構造が類似する共振器システム切換／変調器CDF2600は、光学的に誘導される吸収性を有する。結合エレメントキャビティ2602の表面に電極を取り付ける代わりに、光ファイバ先端部2604を用いて、光学的励起を結合エレメント内に局所的に供給し、吸収特性を変更する。光学的励起は、半導体の電子的帯域ギャップより高い周波数にて印加する。それにより、価電子帯(valence band)から伝導帯へ電子を励起し、遊離電子吸収を誘導する作用が得られる。そのような光学的励起が印加されない時は、キャビティ内の材料は透明のままであり、構造体は「オン」状態である。反対にそのような光学的励起の印加時には、キャビティ内の材料は吸収性になり、構造体は「オフ」状態に切換えられる。

光ファイバ先端部を用いて光学的に吸収を誘導する代わりに、切換は機械的に実施することもできる。図26に示すものと同じ構造を使用できる。ただしこの場合は、キャビティ内に吸収性材料を用いる必要はない。ファイバ先端部がキャ

ビティに近づけられた時、キャビティ内の光子振幅はファイバ先端部を通じて漏出できる。これは、材料による吸収が存在する場合に相当する。フィルタは、「オフ」状態である。それに対して、ファイバ先端部がキャビティから遠ざけられた時は、光子はファイバ先端部を通じて漏出できない。これは前述の、材料による吸収が存在しない場合に相当する。フィルタは、「オン」状態である。

本発明の他の代表的実施形態では、調整可能な吸収性材料が、図21に示すものに類似のチャネルドロップフィルタ構造体の結合エレメントに導入される。図27Aおよび27Bはそれぞれ、共振器システム切換／変調器CDF2700を示す平面図、および線27-27に沿って得られる断面図である。CDF2700では、共振器システム2705と共に、高誘電材料から成る従来のチャネルバス2702およびドロップ2704導波ガイドを使用する。この実施形態では、バスとドロップとの間に位置する共振器システムを画成する二つの誘電領域2706, 2708の周期的表面波形部2717, 2718中に欠陥部を導入するこ

とによって、キャビティ2710～2716が形成されている。導波ガイド2706および2708は、ガイド層2720および被覆層2722を含む。さらに、電極2724および2726がそれぞれ、キャビティ2710および2712の上方に配置される。

前述の二つの実施形態とは異なり、CDF2700の結合エレメントは四つのキャビティから成る。二つのキャビティ（2710および2712）はバス導波ガイドに隣接し、他の二つキャビティ（2714および2716）はドロップ導波ガイドに隣接する。この特定の実施形態では、各キャビティに別個の電極が取り付けられている。各電極に印加する電氣的励起を独立して変動させることができるので、この構造では各キャビティの吸収特性を個別に制御することが可能である。それにより、以下に説明するとおり、より複雑な切換機能が達成される。

四つのすべての電極に電氣的励起が存在しない場合、前述と同様に、キャビティ内の材料は透明であり、周波数チャネルはバス導波ガイドからドロップ導波ガイドへ転送される。この状態は同じく、「オン」状態に相当する。すべての電極に電氣的励起を同時に印加することによって、転送を完全にオフにできる。代替案としては、キャビティ2710および2712、またはキャビティ2714お

および2716のどちらかの、二つのキャビティのみに電氣的励起を印加することによっても、転送をオフにできる。

一方の導波ガイドから他方への転送のためのオン／オフスイッチとしての機能に加え、このような構造体は、狭帯域反射器として動的にコンフィギュアできる。その機能は、三つのキャビティに電氣的励起を印加することによって達成できる。三つのキャビティとは、キャビティ2714と2716と、キャビティ2710および2712の一方である。この例では、キャビティ2710、2712、および2716に励起を印加する。共振時には、バス導波ガイド内に伝搬する電波は、キャビティ2714内に結合し、バス導波ガイドのみにあって両方向に沿って減衰する。到来波は、バス導波ガイド内の順方向への減衰振幅をキャンセルし、逆方向に反射される電波を残す。この共振は狭帯域のローレンツ線形を示すため、反射は狭い周波数範囲内のみにおいて実施される。したがってこの構造

体は、狭帯域反射器として機能するよう切換えられる。

本発明の別の代表的実施形態では、転送のオンおよびオフに加え、転送をドロップ導波ガイドにおいて順方向から逆方向に切換えられる構造体が考案される。図28は、本発明によるフォトニッククリスタル共振器システム切換／変調器CDF2800を示す平面図である。CDF2800は、ロッド2804、バス2806、およびドロップ2808などの部材が周期的に配置されたフォトニッククリスタル2802を含む。CDF2800は、図3および8に示したチャンネルドロップフィルタ構造の組み合わせであると考えられる。

結合エレメントは、三つのキャビティによって構成されている。第一のキャビティ2810は、他のすべてのロッドより大きい半径を有するロッドから成り、反対の対称性を有する二つの共振状態をサポートする。キャビティ2812および2814はそれぞれ、他のロッドより小さい半径を有するロッドから成り、一つの共振状態をサポートする。各キャビティに電極が取り付けられ、電氣的励起が印加できるようになっている。電氣的励起を三つのすべてのキャビティに印加した場合は、バスおよびドロップ導波ガイドの間の転送は完全にオフにされる。第一のキャビティ2810のみに電氣的励起を印加した場合は、第一のキャビティ2810内の材料が吸収性を帯びるが、キャビティ2812および2814内

の材料は透明のままである。したがって光学的信号は、キャビティ2812および2814を通じて、ドロップ導波ガイドにおいて順方向に沿って転送される。

キャビティ2812および2814のみに電氣的励起を印加した場合は、キャビティ2812および2814内の材料が吸収性を帯びるが、キャビティ2810内の材料は透明のままである。それにより信号は、キャビティ2810を通じて、ドロップ導波ガイドの逆方向に沿って転送される。したがって電氣的励起を選択することによって、デバイスをオンおよびオフに切換えられる上、光学的信号をドロップ導波ガイドにおいて順方向または逆方向に沿って転送するようデバイスを切換えることも可能である。

データストリームにチャンネルを追加する場合に、前述の実施形態が類似の手法で動作することが、当業者にとって明らかであろう。吸収が存在しない時は周波



数チャンネルは、バス導波ガイド内に転送されデータストリームに追加されることができる。反対に吸収の存在時には、そのような転送はオフにされる。吸収誘導切換および変調はさらに、図29Aおよび29Bの構造で実施できる。図29Aおよび29Bはそれぞれ、導波ガイド切換／変調器2900を示す平面図、および線29-29に沿って得られる断面図である。導波ガイド2901は、周期的に設けられた一連の空孔などのエレメント2902を含む。エレメント2902の周期性を中断することによって、共振微少キャビティ2904が導波ガイドに導入される。キャビティの内部性質係数は、電氣的、光学的、または機械的手段などの異なる手段によって変動させることができる。この特定の実施形態では、内部性質係数は電氣的手段によって影響される。吸収性材料が、微少キャビティに導入されている。キャビティに電極2906およびバッファ層2908を取り付けることで、電氣的励起によってその吸収特性を変更できるようになっている。

電氣的励起が存在しない時は、キャビティ内の材料は透明である。共振周波数から離れている場合、信号は空孔の周期的列によって反射される。それに対して共振周波数では、到来波は結合し共振する (couples into the resonance)。したがって反射された信号は、空孔からの直接的反射と、導波ガイドの逆方向に沿った共振からの減衰振幅との、二つの部分によって構成される。これらの二つの部分は互いにキャンセルし、伝送される信号が残る。そのような微少キャビティ

構造体の有限差異時間ドメインシミュレーションの結果を、図30Aおよび30Bのグラフに示す。図30Aおよび30Bは、図29Aおよび29Bに示す切換変調器構造体の「オン」状態時における、正規化された反射および伝送スペクトルを示す。伝送スペクトルはローレンツ線形を表し、1500の性質係数を有する。

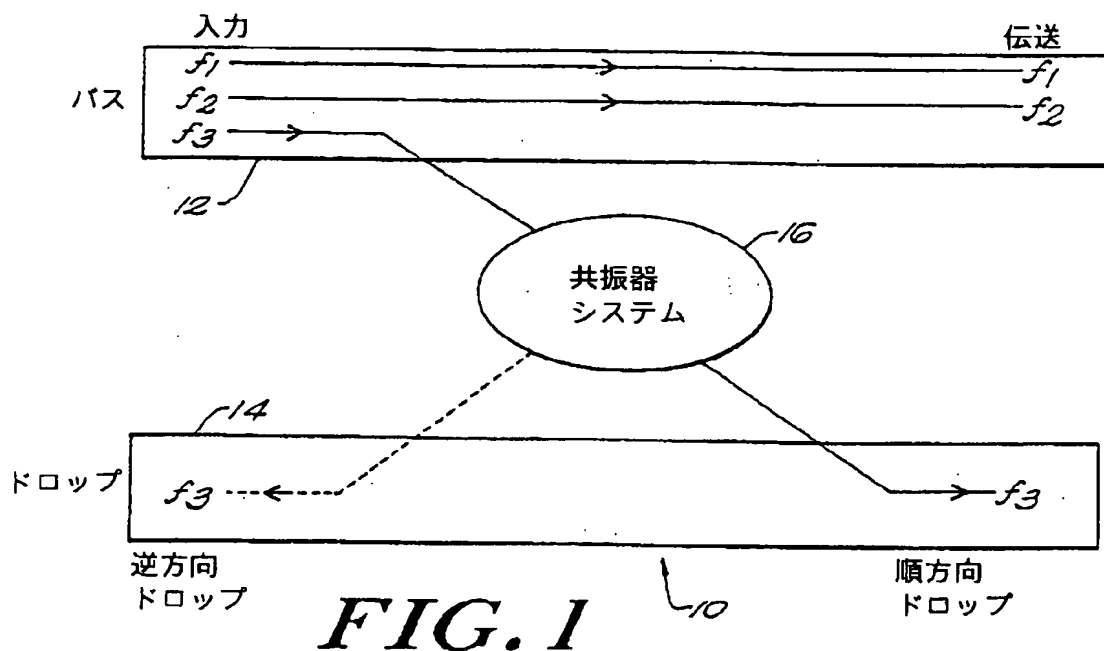
他方、電氣的励起の印加時には、キャビティ内の共振は無効になる。内部性質係数が100に近い場合、応答スペクトルは、上述したハミルトンのアプローチを用いて図31Aおよび31Bに示すように算出される。図31Aおよび31Bは、図29Aおよび29Bに示す切換変調器構造体の「オフ」状態時における、

正規化された反射および伝送スペクトルを示す。伝送はほぼ完全にオフにされており、同時に信号の大部分が反射されている。したがってこのデバイスは、伝送と反射との間の切換を可能にする。

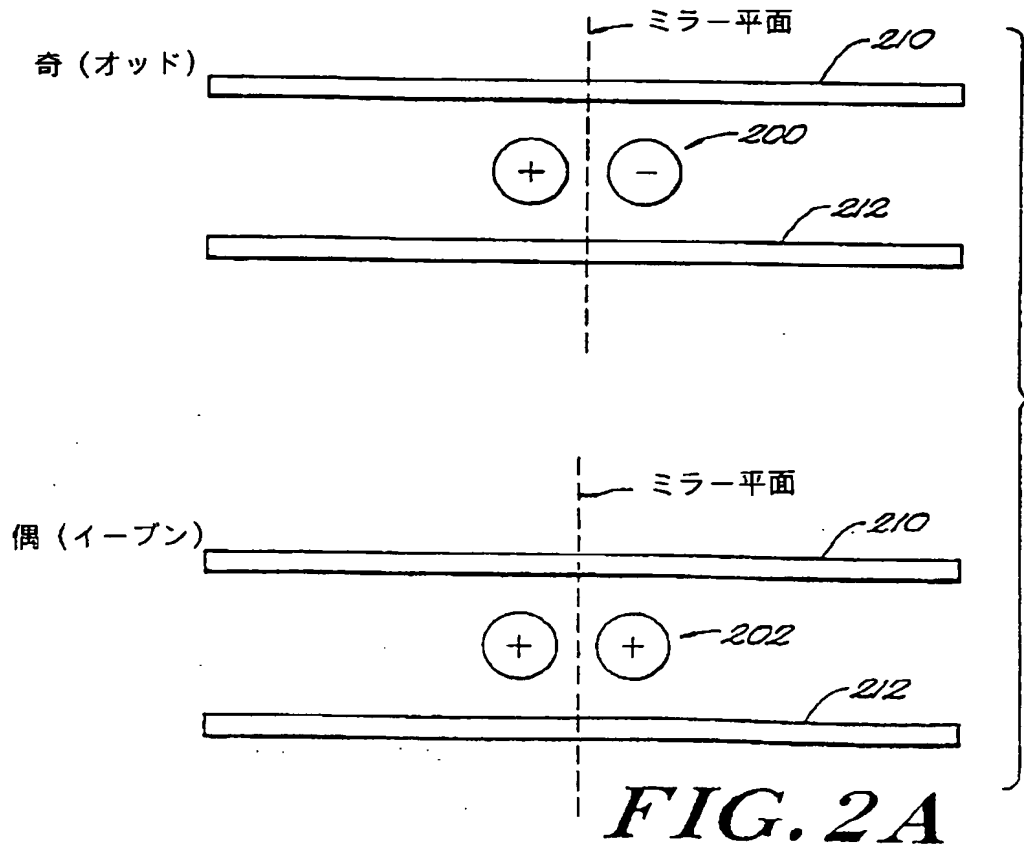
前述の説明は、本発明を例示するために為されたものであり、限定を課することを意図しない。本発明の精神および実質を組み入れた上述の実施形態の変形を、当業者が想到することもあるため、本発明の範囲は、添付の請求の範囲およびその同等物のみによって限定されるべきである。

以下を請求する：

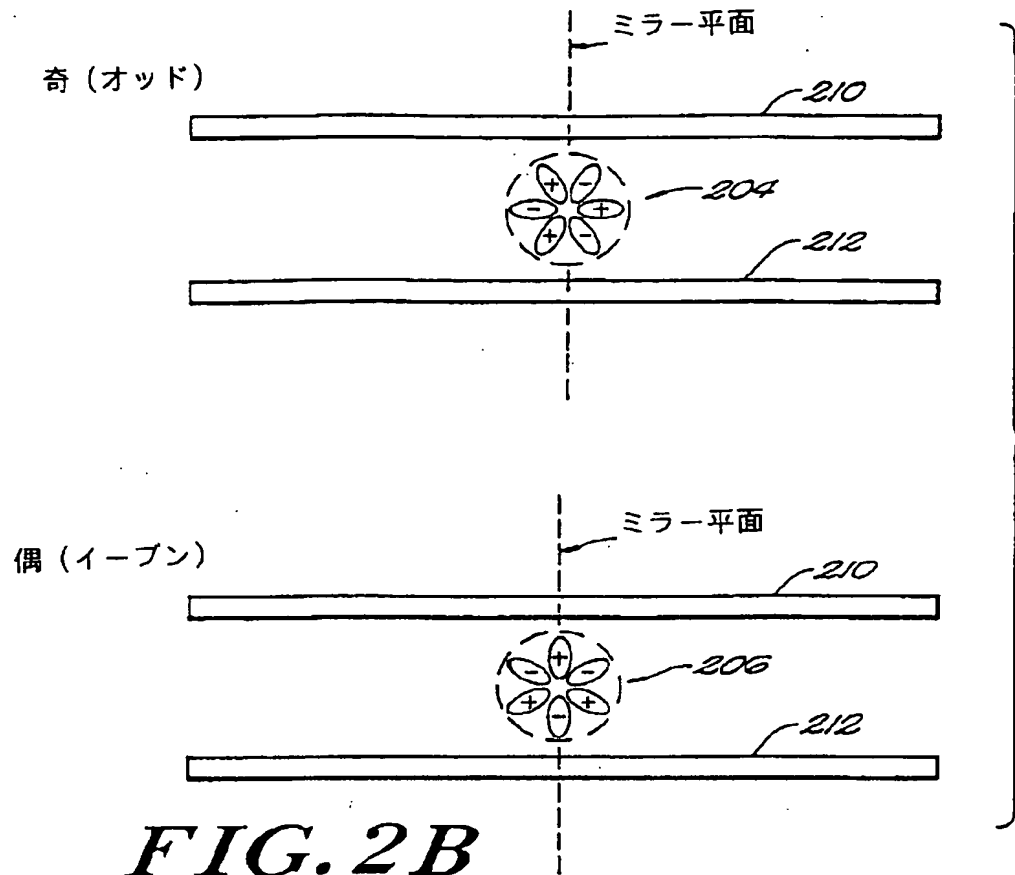
【図1】



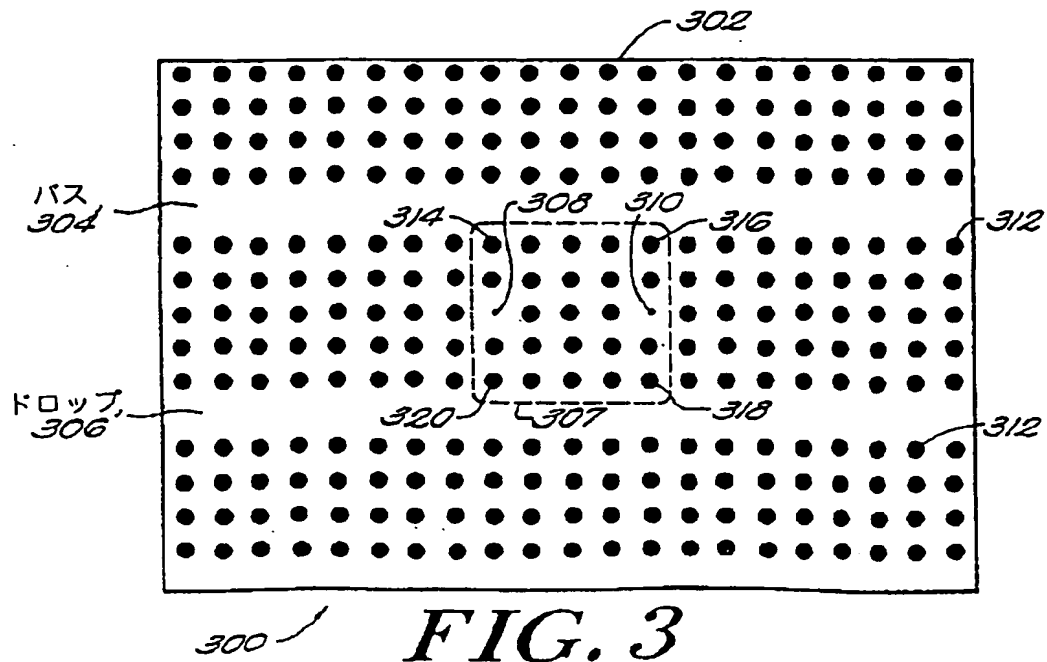
【図2】



【図2】



【図3】



【図4】

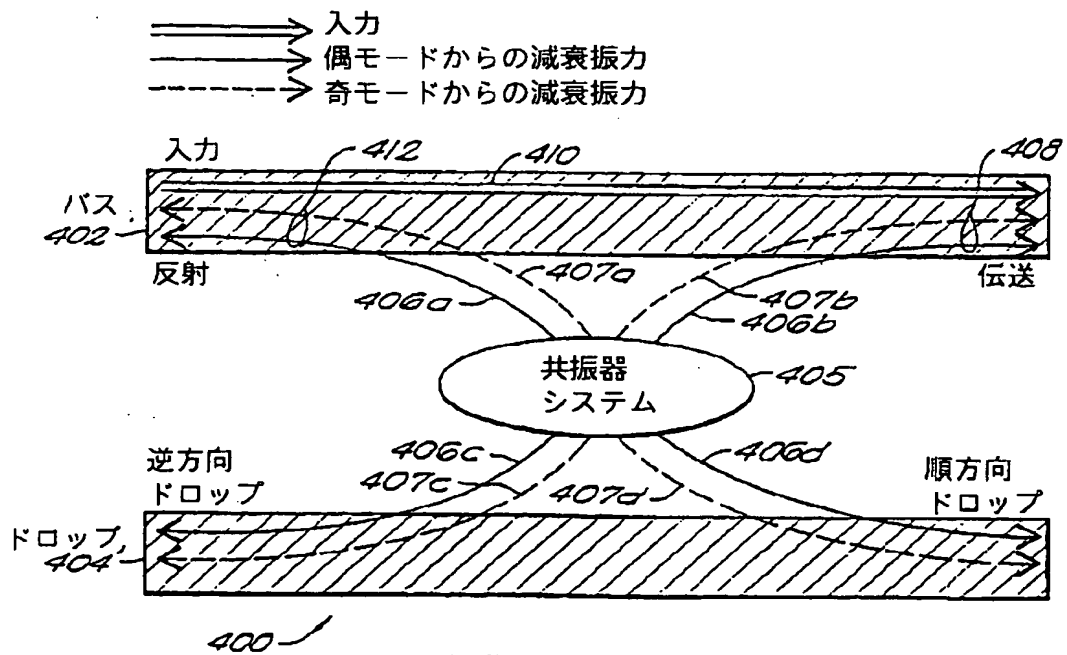
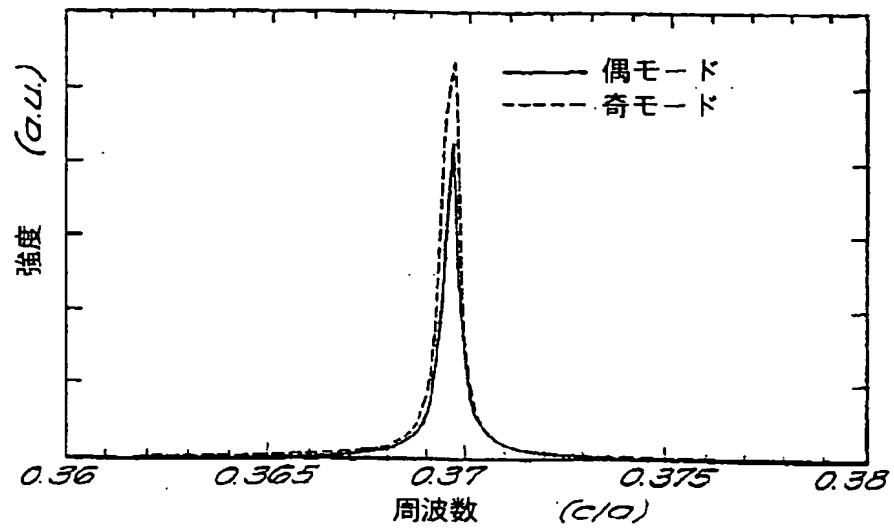
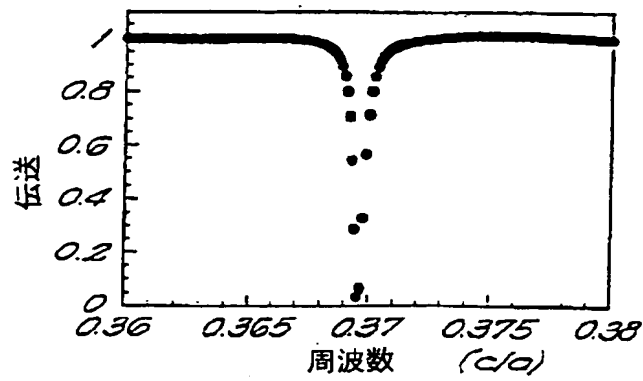
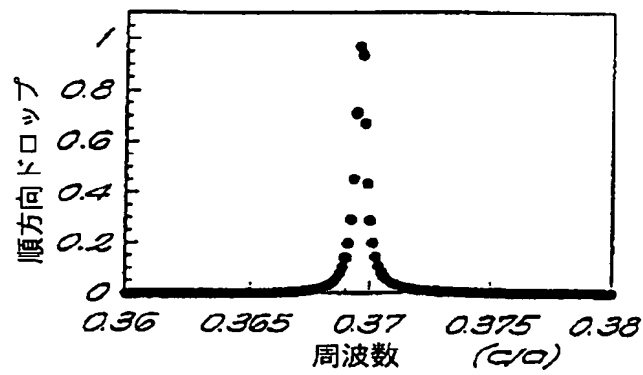
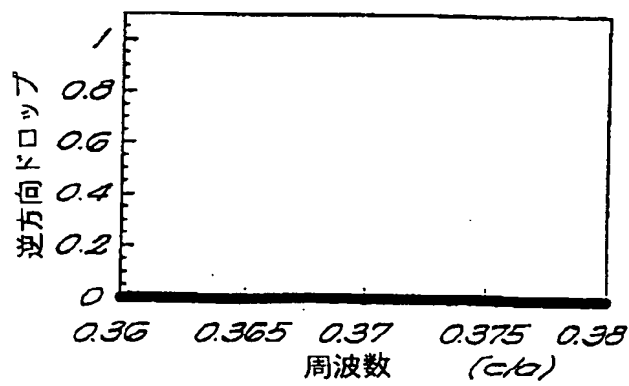


FIG. 4

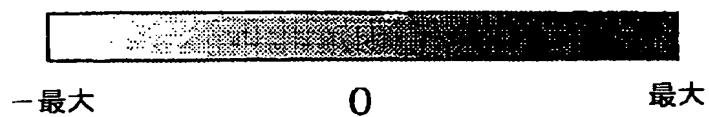
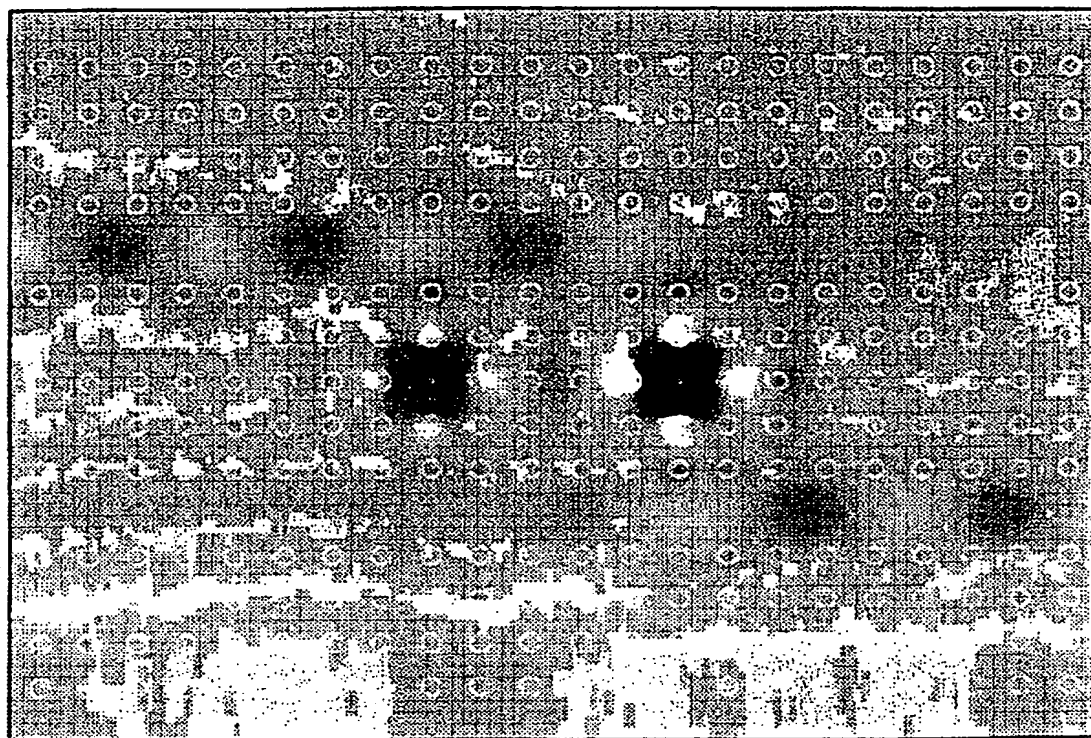
【図5】

*FIG. 5*

【図6】

*FIG. 6A**FIG. 6B**FIG. 6C*

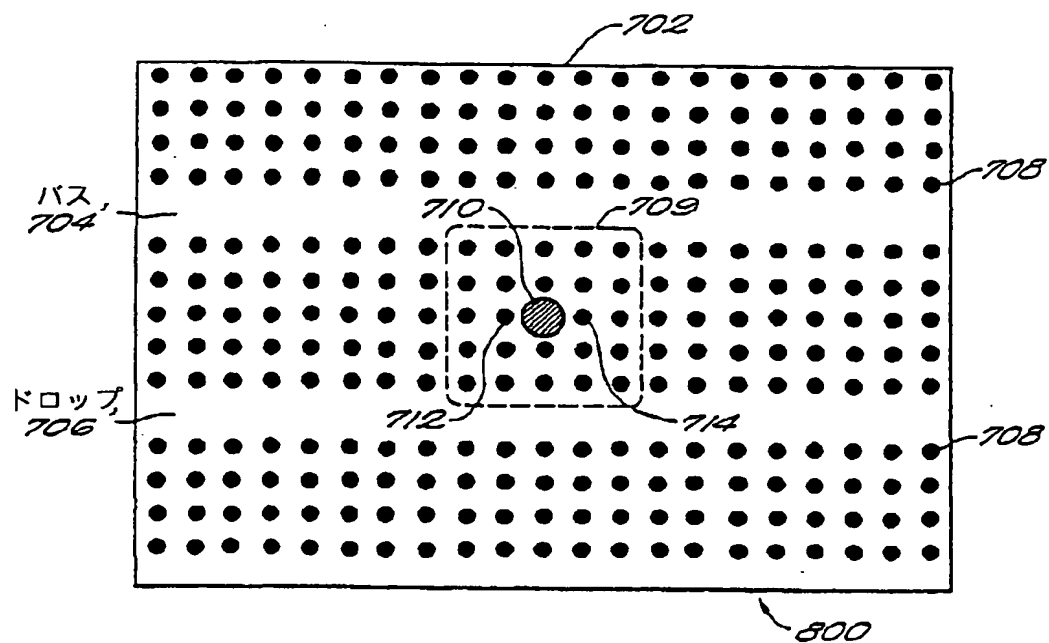
【図7】



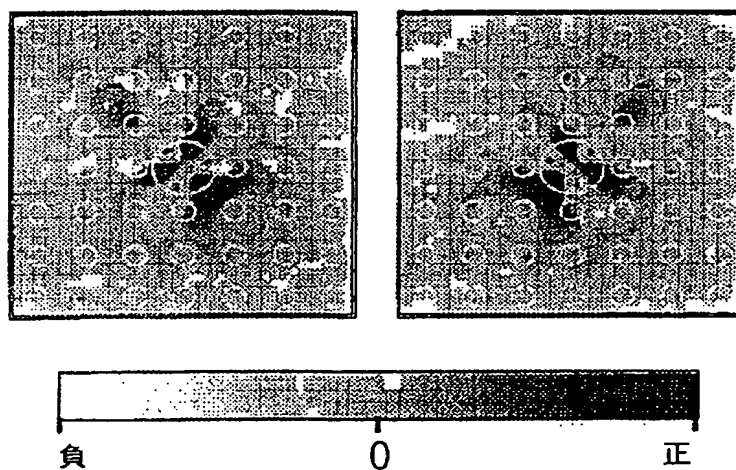
*FIG. 7*



【図8】

*FIG. 8*

【図9】

*FIG. 9*

【図10】

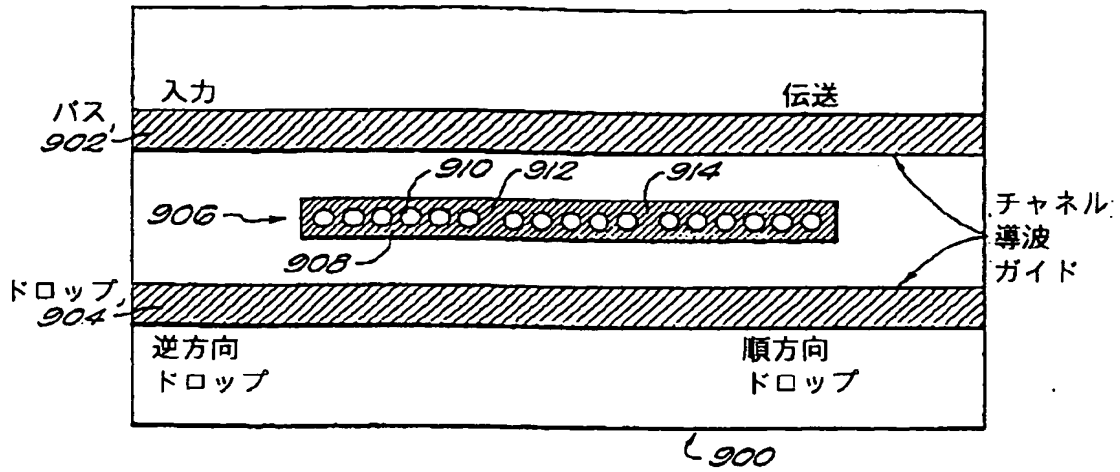


FIG. 10

【図11】

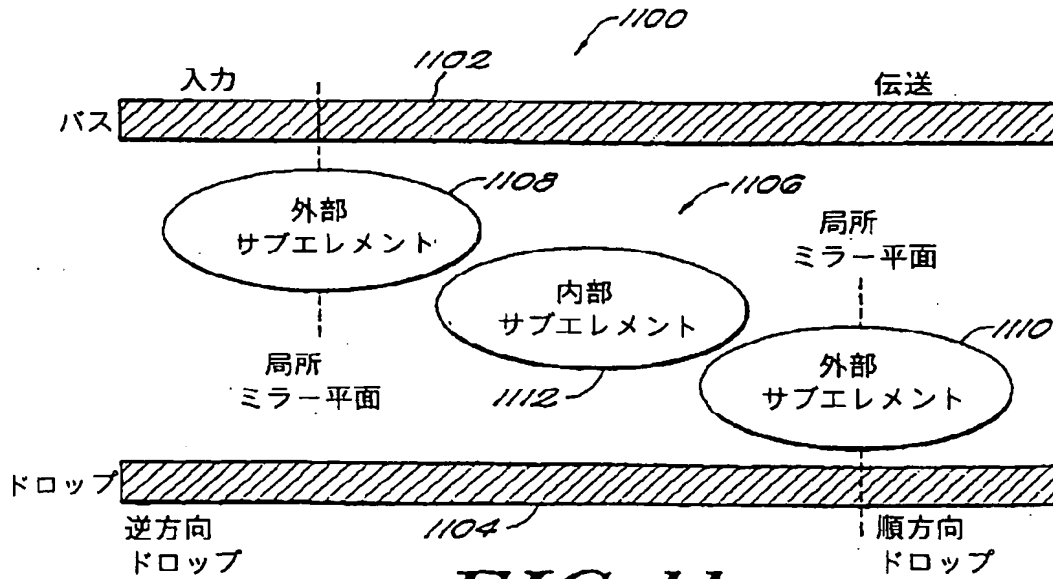
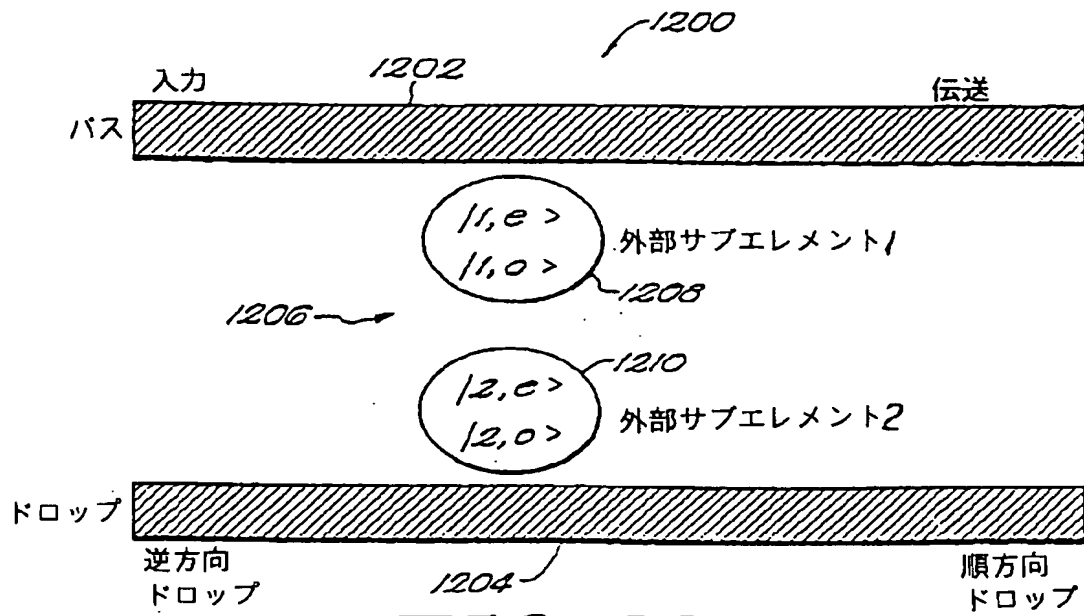


FIG. 11

【図12】

**FIG. 12**

【図13】

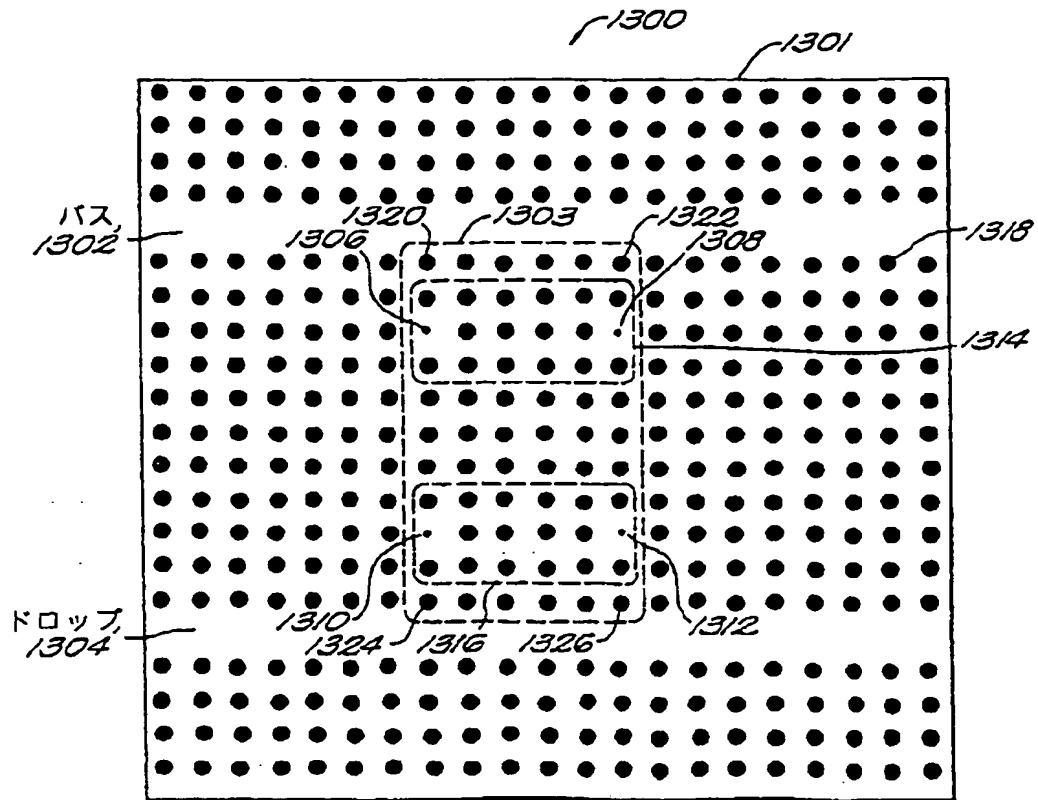
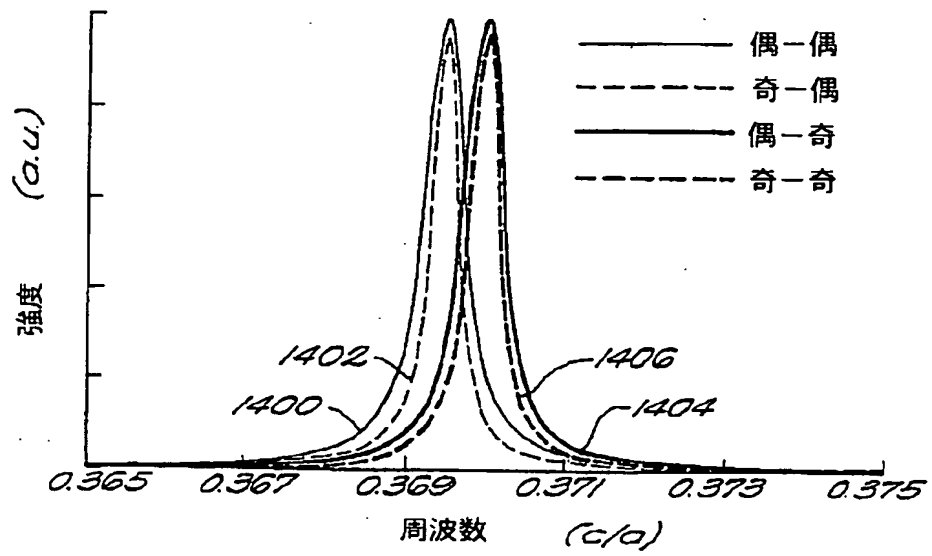


FIG. 13

【図14】

**FIG. 14**

【図16】

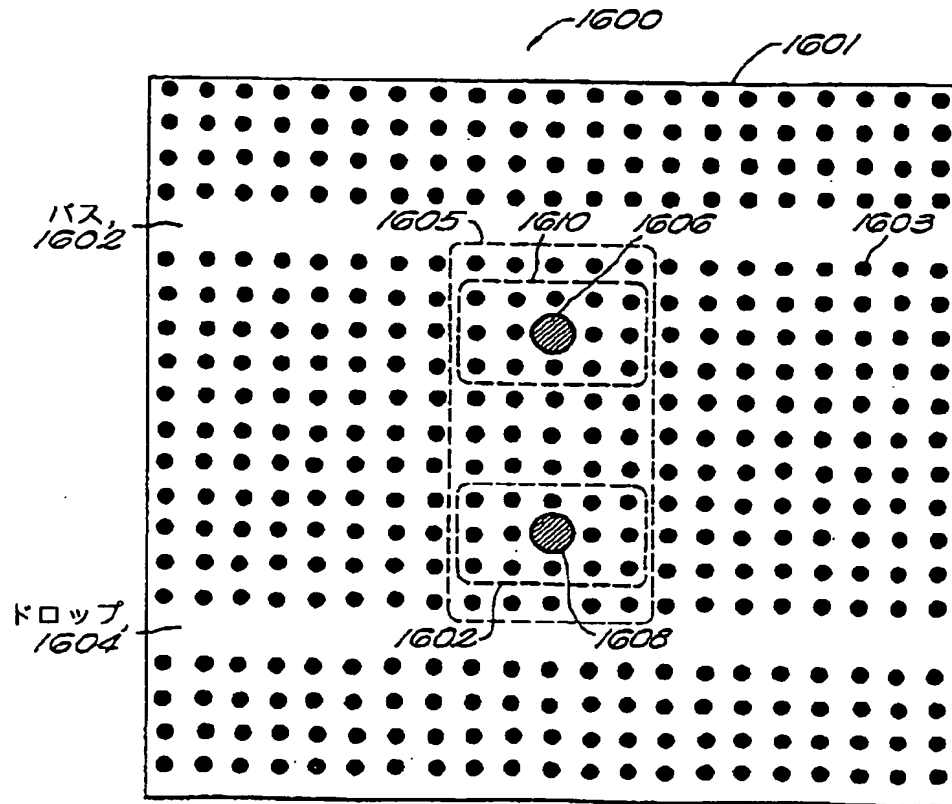
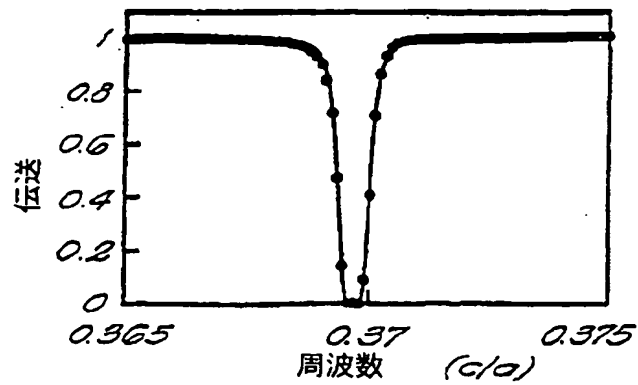
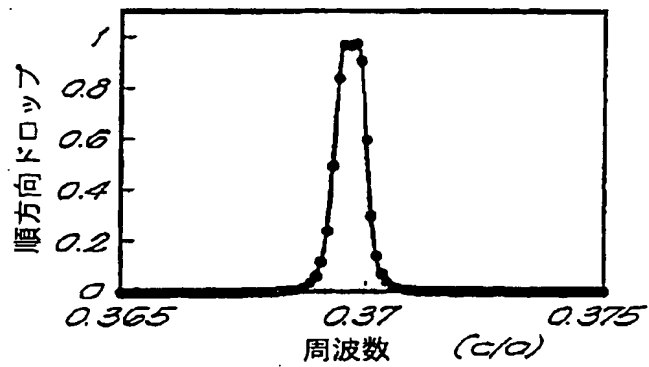
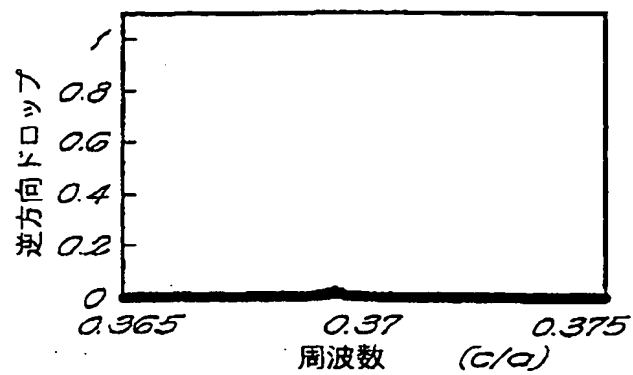
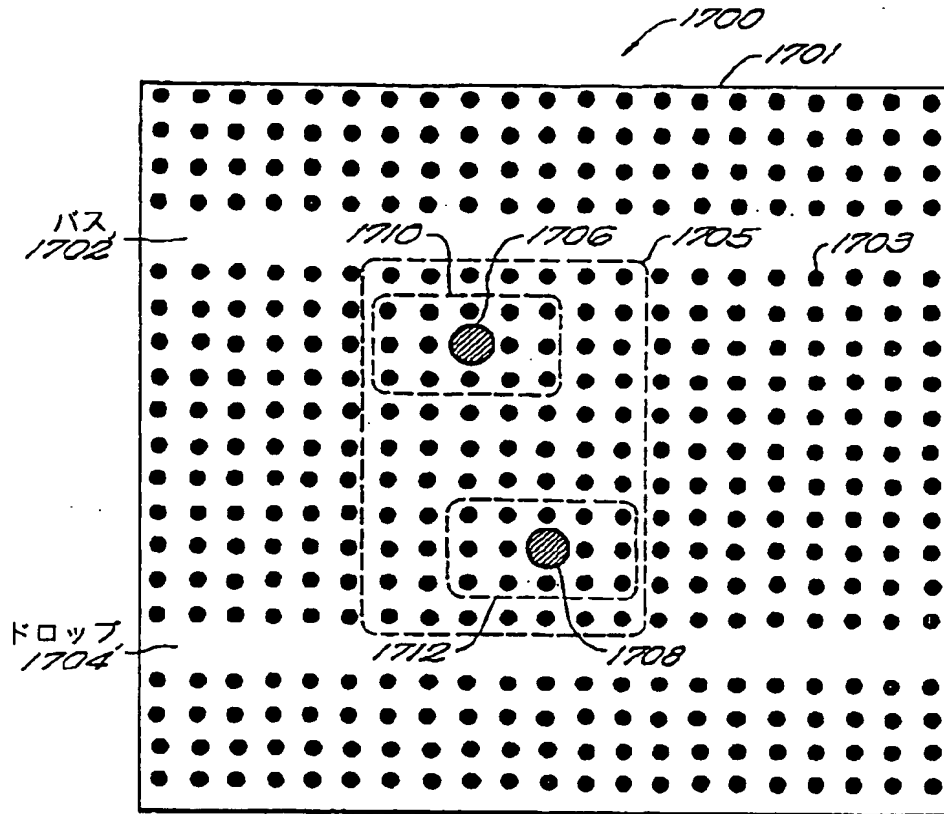


FIG. 16

【図15】

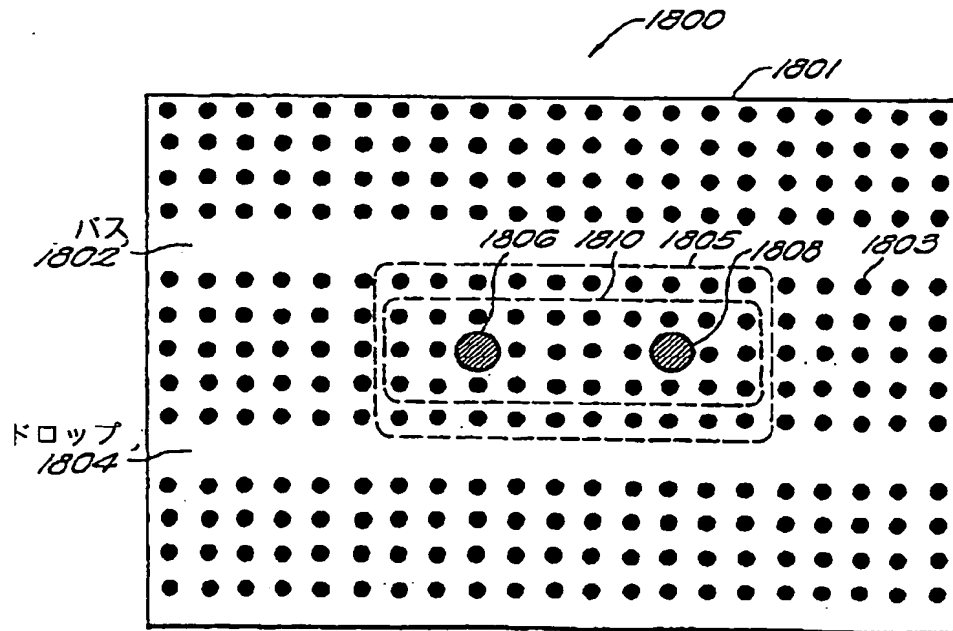
*FIG. 15A**FIG. 15B**FIG. 15C*

【図17】

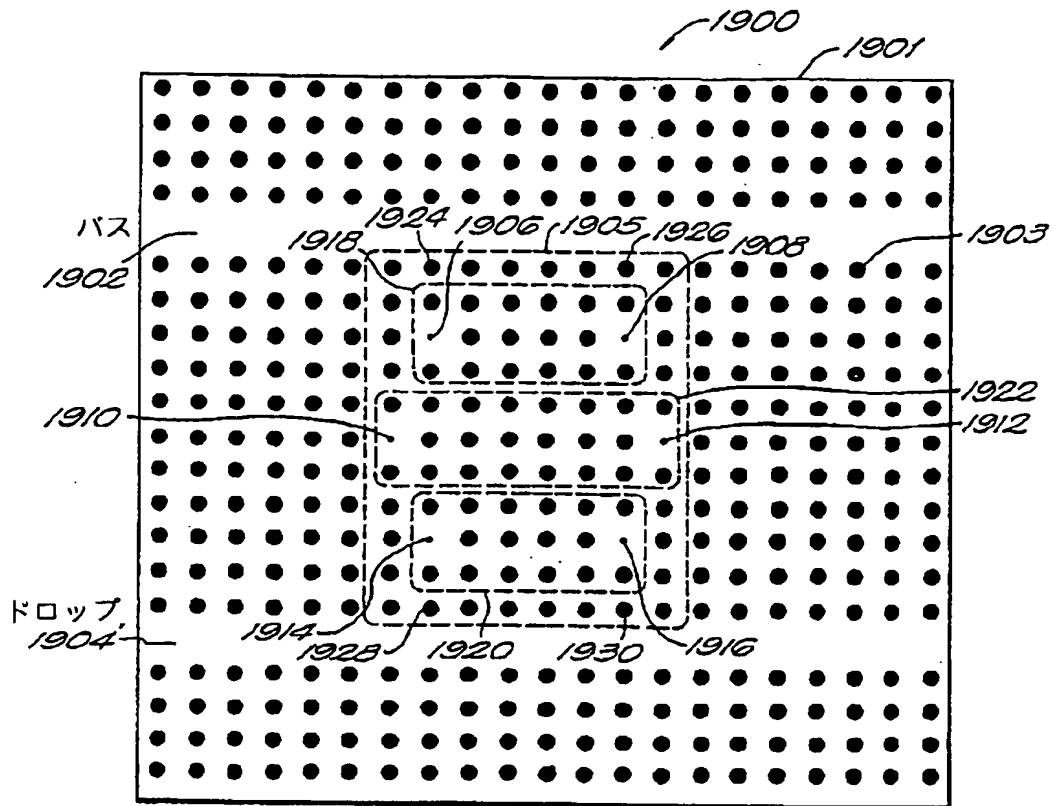
*FIG. 17*



【図18】

*FIG. 18*

【図19】

**FIG. 19**

【図20】

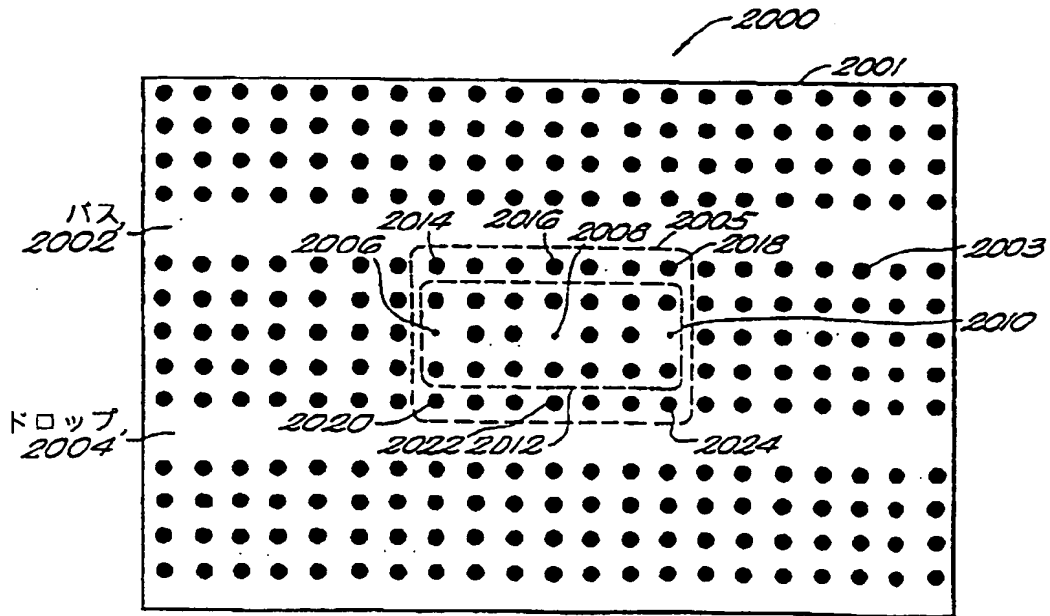


FIG. 20

【図21】

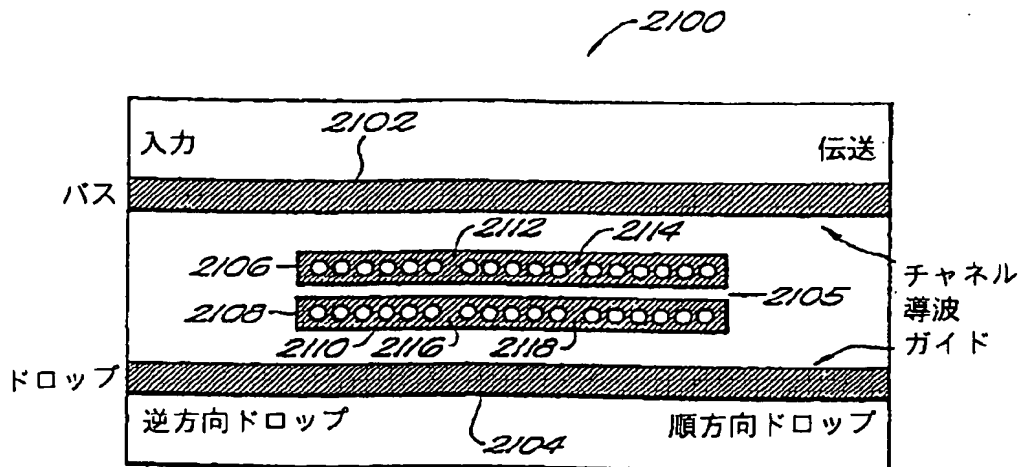
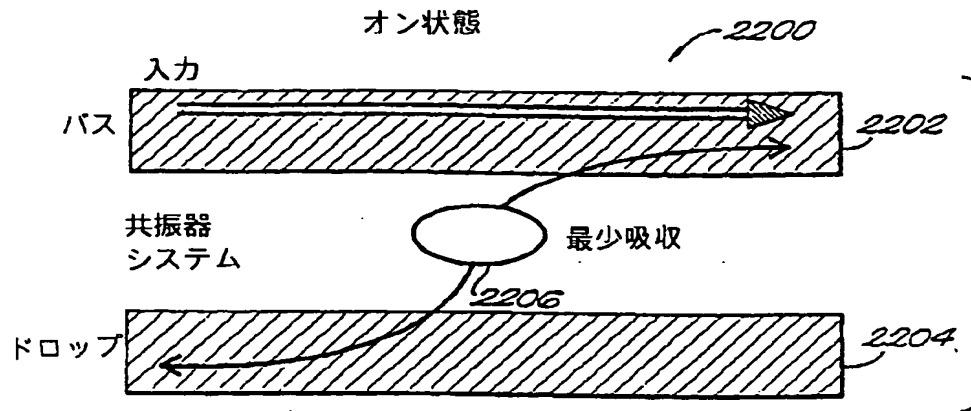
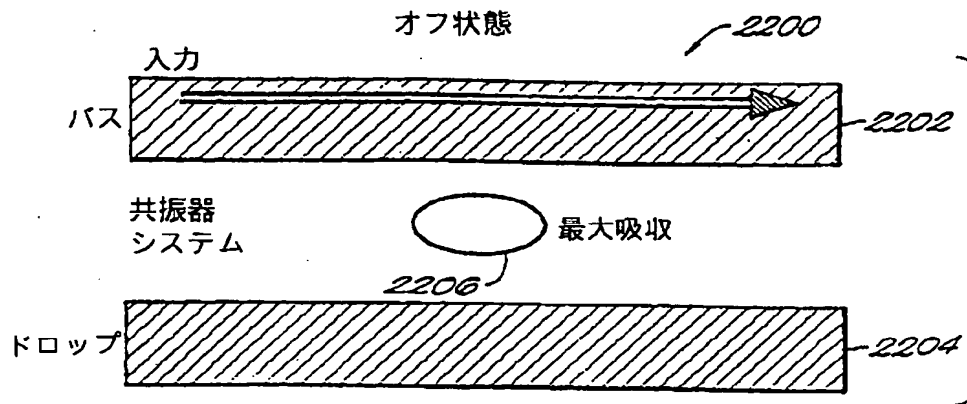


FIG. 21

【図22】

*FIG. 22A**FIG. 22B*

【図23】

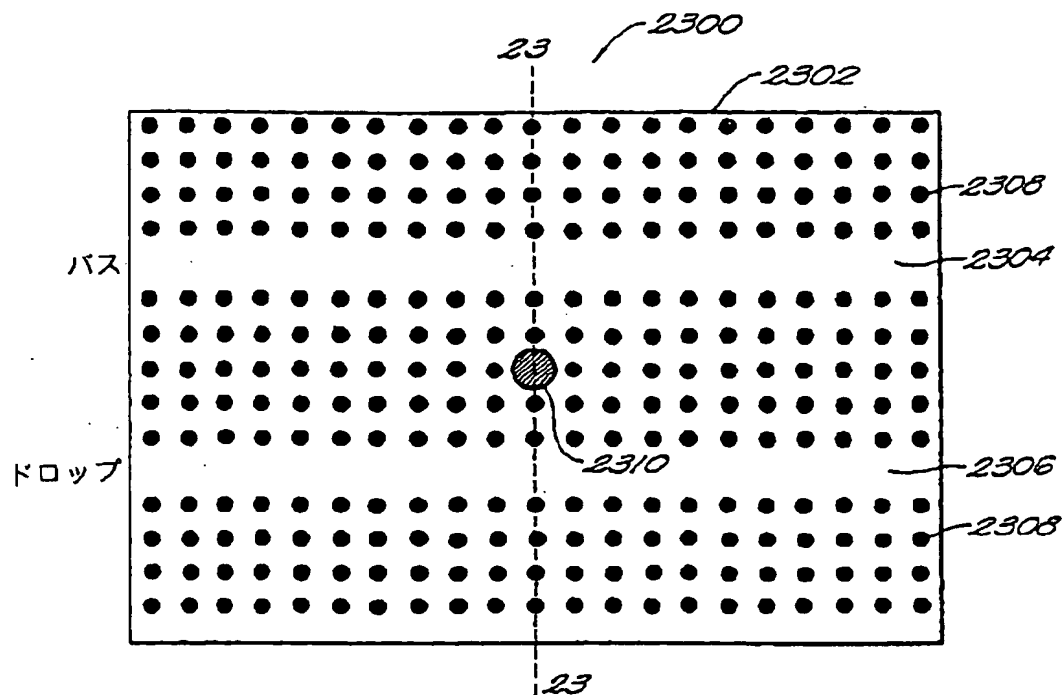


FIG. 23A

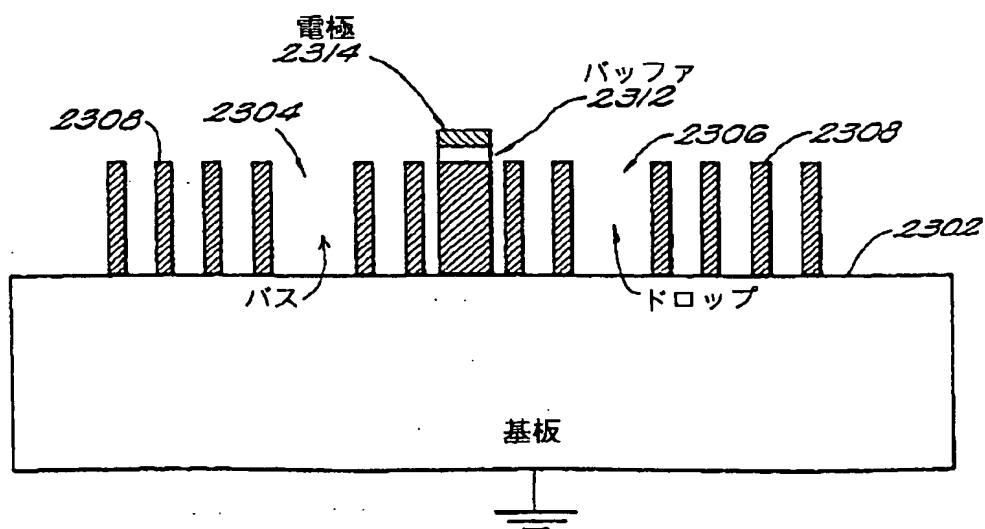
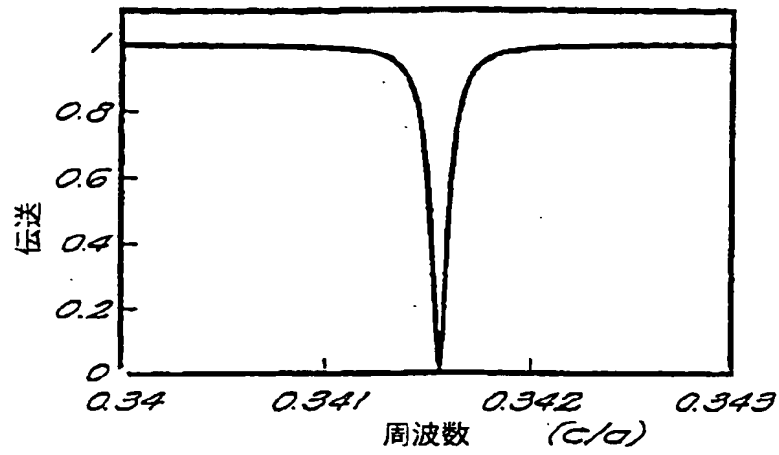
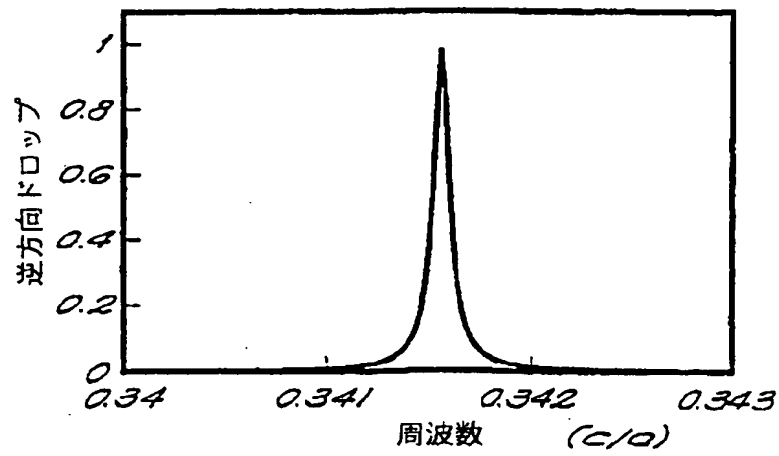
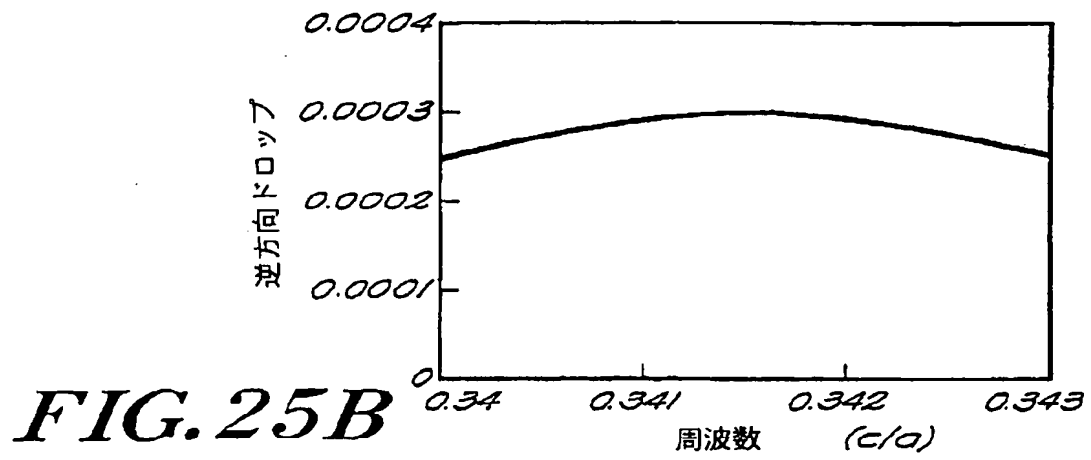
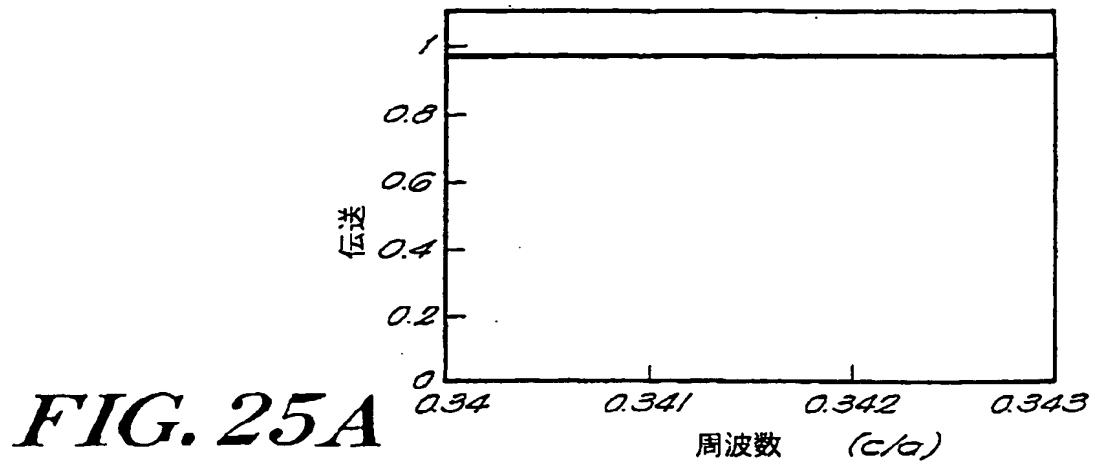


FIG. 23B

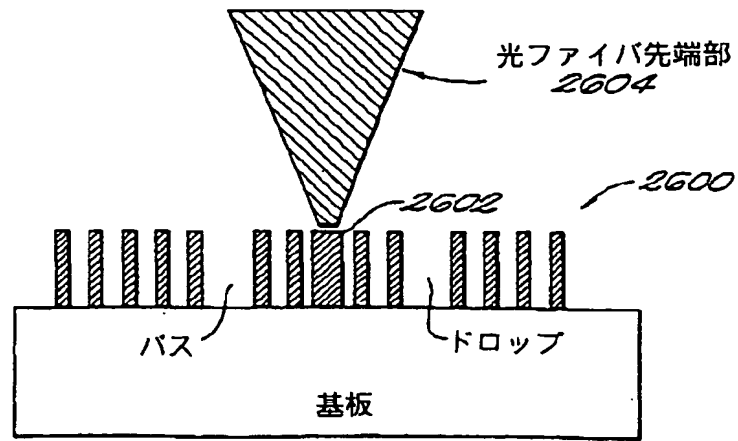
【図24】

*FIG. 24A**FIG. 24B*

【図25】

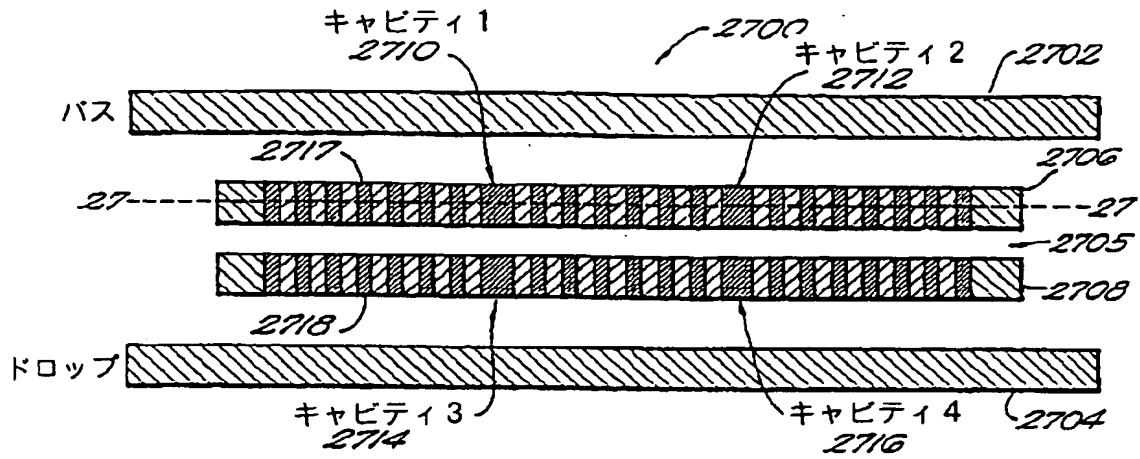
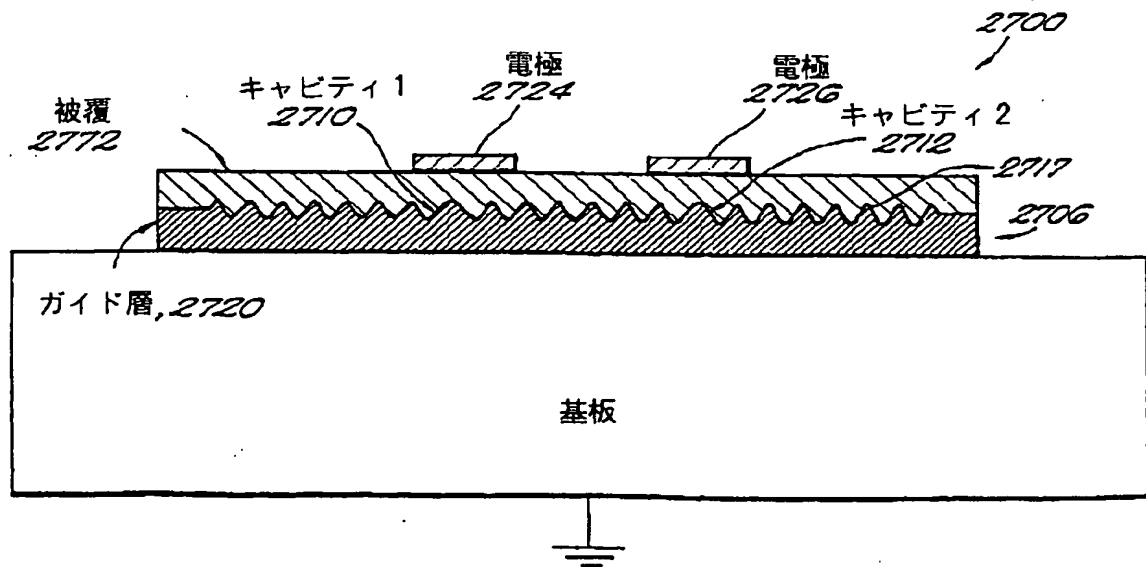


【図26】

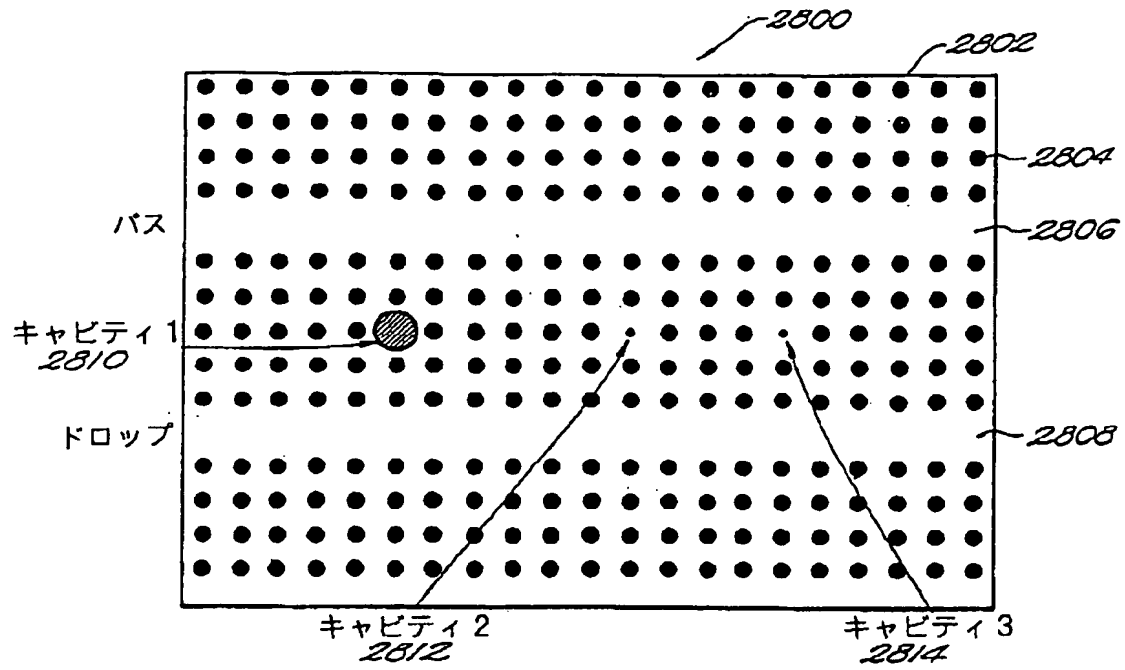
*FIG. 26*



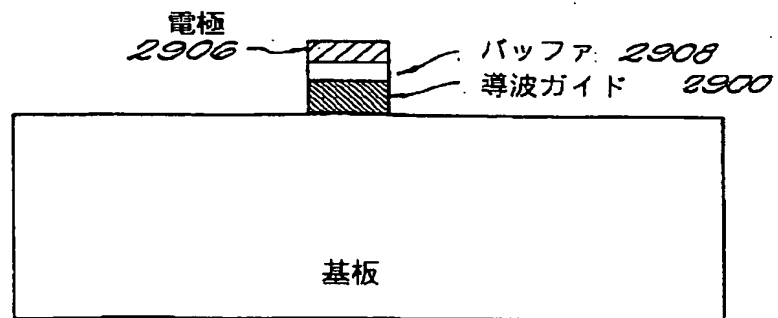
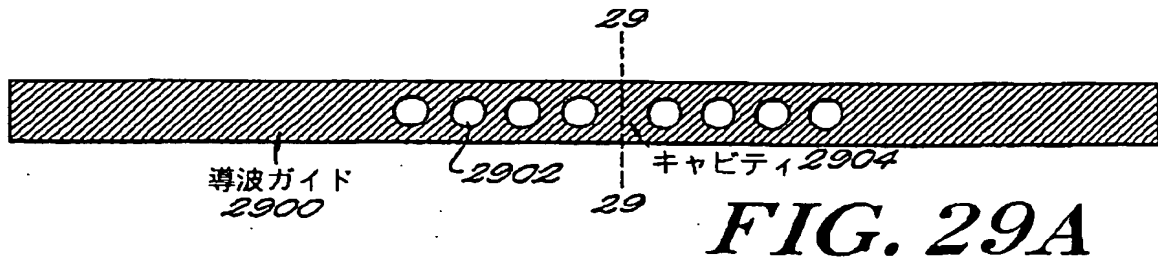
【図27】

*FIG. 27A**FIG. 27B*

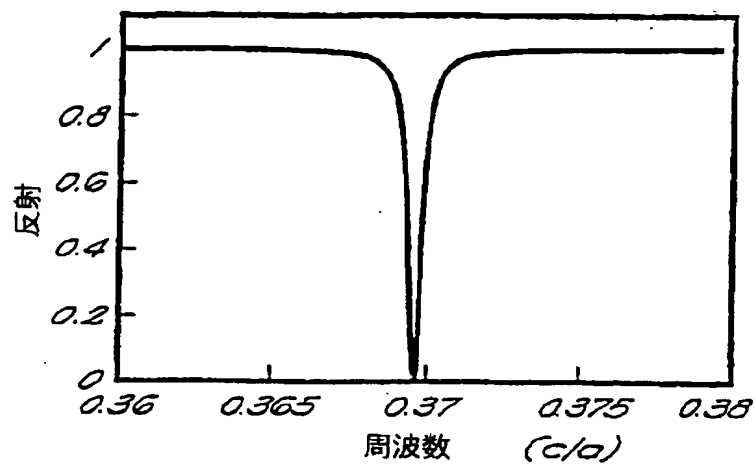
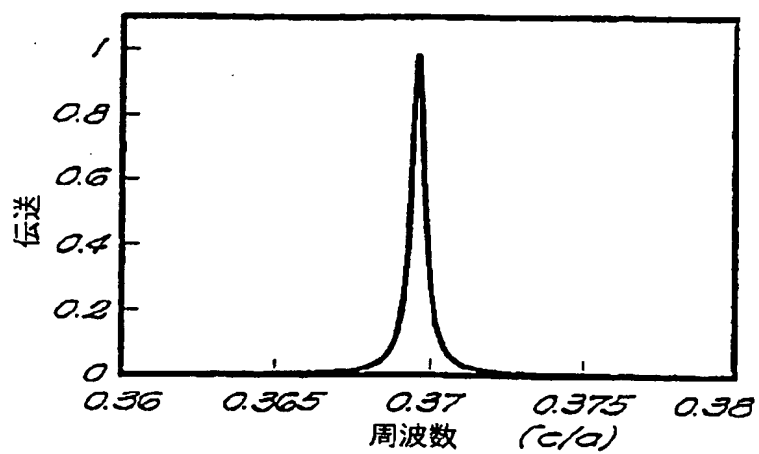
【図28】

**FIG. 28**

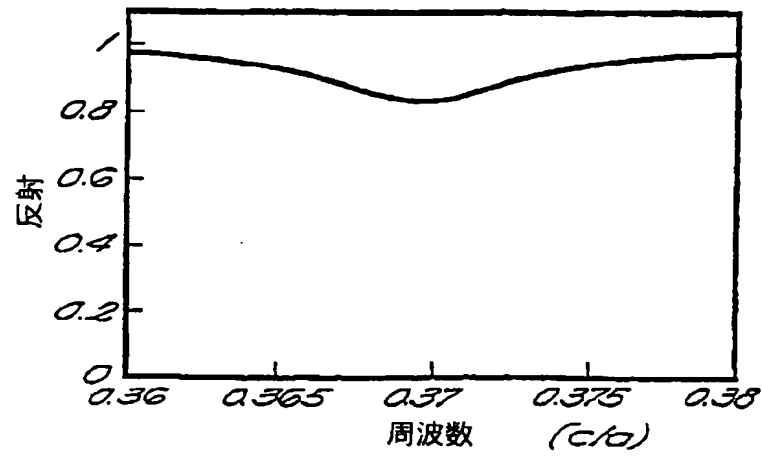
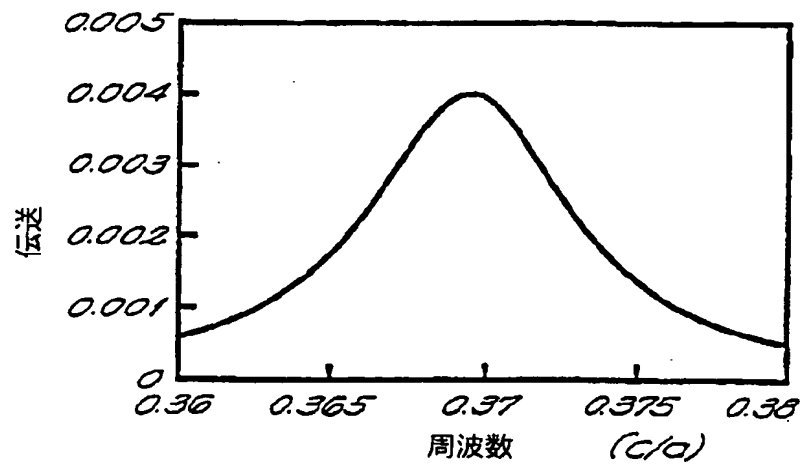
【図29】



【図30】

*FIG. 30A**FIG. 30B*

【图31】

*FIG. 31A**FIG. 31B*

## 【手続補正書】

【提出日】平成11年12月28日(1999. 12. 28)

## 【補正内容】

## 請求の範囲

1. 電磁界周波数フィルタであって、  
少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を伝達する入力導波ガイドと、  
出力導波ガイドと、  
前記入力導波ガイドと、出力導波ガイドの間に結合され、前記少なくとも1つの希望周波数を前記出力導波ガイドに転送するとともに、前記入力導波ガイドを通る非希望周波数の伝送を可能とする共振器システムと、  
を有し、  
前記共振器システムは、複数の共振器を含むとともに、互いに対称で反対の少なくとも2つのシステムモードを規定し、このシステムモードは、前記共振器の共振モードの線形の組み合わせの一部を構成し、  
上記共振器システムは、少なくとも2つの共振器モードが実質的に同一の周波数を有するように構成されている電磁界周波数フィルタ。
2. 請求項1に記載のフィルタにおいて、  
前記少なくとも2つのシステムモードは、前記導波ガイドに向けて実質的に同一のエネルギー散逸速度を有するように構成されている電磁界周波数フィルタ。
3. 請求項1に記載のフィルタにおいて、  
前記少なくとも2つのシステムモードは、上記入力および出力導波ガイドに向けて実質的に同一のエネルギー散逸速度で散逸する電磁界周波数フィルタ。
4. 請求項1に記載のフィルタにおいて、  
前記システムモードは、実質的に同一のエネルギー散逸速度で散逸する電磁界周波数フィルタ。
5. 請求項1に記載のフィルタにおいて、  
  
前記少なくとも2つのシステムモードは、偶システムモードおよび奇システム

モードを含む電磁界周波数フィルタ。

6. 請求項1に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、形態または屈折率を変更することによって構成される電磁界周波数フィルタ。

7. 請求項1に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記入力導波ガイドと直接結合される少なくとも1つの外部サブエレメントを含む電磁界周波数フィルタ。

8. 請求項7に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記出力導波ガイドと直接結合される少なくとも1つの外部サブエレメントを含む電磁界周波数フィルタ。

9. 請求項7に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、前記外部サブエレメントと直接結合されるが前記入力導波ガイドとは直接結合されない少なくとも1つの内部サブエレメントを含む電磁界周波数フィルタ。

10. 請求項1に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、フォトニッククリスタル共振器システムを含む電磁界周波数フィルタ。

11. 請求項10に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムは、少なくとも2つの単一モードキャビティを有する電磁界周波数フィルタ。

12. 請求項10に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムは、2つの対称で反対のモードを有する少なくとも1つのキャビティを含む電磁界周波数フィルタ。

13. 請求項10に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムは、少なくとも1つのキャビティを規定する少なくとも1つの欠陥を含む周期的誘電的構造を含む電磁界周波数フィルタ。

14. 請求項10に記載のフィルタにおいて、

前記フォトニッククリスタル共振器システムおよび前記複数の導波ガイドは、単一のフォトニッククリスタルに一体化されている電磁界周波数フィルタ。

15. 請求項10に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つのシステムモードは、上記導波ガイドに向かう実質的に同一のエネルギー散逸速度を有する電磁界周波数フィルタ。

16. 請求項10に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つのシステムモードは、各入力および出力導波ガイドに向かって実質的に同一のエネルギー散逸速度で散逸する電磁界周波数フィルタ。

17. 請求項10に記載のフィルタにおいて、

前記システムモードは、実質的に同一のエネルギー散逸速度において散逸する電磁界周波数フィルタ。

18. 請求項10に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つのシステムモードは、偶システムモードと奇システムモードを含む電磁界周波数フィルタ。

19. 請求項1に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、少なくとも2つの共振器であって、前記入力導波ガイドに同様の結合状態で直接結合されるとともに、互いに直接結合される共振器を含み、

前記少なくとも2つの共振器は、それぞれ希望周波数およびその周辺では、1つだけの共振モードをサポートする電磁界周波数フィルタ。

20. 請求項19に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つのシステムモードは、前記導波ガイドに向けて実質的に同一のエネルギー散逸速度を有する電磁界周波数フィルタ。

21. 請求項19に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つのシステムモードは、前記各入力および出力導波ガイドに向けて実質的に同一のエネルギー散逸速度において散逸する電磁界周波数フィルタ。

22. 請求項19に記載のフィルタにおいて、



前記システムモードは、実質的に同一のエネルギー散逸速度において散逸する電磁界周波数フィルタ。

23. 請求項19に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも2つのシステムモードは、偶システムモードと奇システムモードを含む電磁界周波数フィルタ。

24. 電磁界周波数フィルタであって、

少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を伝達する入力導波ガイドと、

出力導波ガイドと、

前記入力導波ガイドと、出力導波ガイドの間に結合され、前記共振器システムの少なくとも1つの共振器の内部減衰速度の変化に応じて希望しない周波数を前

記入力導波ガイド中に伝送し、前記少なくとも1つの希望周波数を前記出力導波ガイドに転送する共振器システムと、

を有し、

前記共振器システムは、複数の共振器を含むとともに、互いに対称で反対の少なくとも2つのシステムモードを規定し、このシステムモードは、前記共振器の共振モードの線形の組み合わせの一部を構成し、

上記共振器システムは、前記転送が起こるときに、少なくとも2つの共振器モードが実質的に同一の周波数を有するように構成されている電磁界周波数フィルタ。

25. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記共振器システムの吸収特性を変更することによって変化する電磁界周波数フィルタ。

26. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、電氣的、光学的または機械的手段によって変更される電磁界周波数フィルタ。

27. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

上記入力導波ガイドは、入力ポートおよび出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは前進ポートおよび後進ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数が4つのポートの1つに向かう選択的スイッチングを提供するために変化する電磁界周波数フィルタ。

28. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートおよび出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは前進ポートおよび後進ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数が4つの

ポートの1つに向かう選択的スプリットを提供するために変化する電磁界周波数フィルタ。

29. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートおよび出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは前進ポートおよび後進ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数が4つのポートの1つに向かう選択的な時間変化スイッチングを提供するために時間的に変化する電磁界周波数フィルタ。

30. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

前記入力導波ガイドは、入力ポートおよび出力ポートを有し、

前記出力導波ガイドは前進ポートおよび後進ポートを有し、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数が4つのポートの1つに向かう選択的な時間変化スプリットを提供するために時間的に変化する電磁界周波数フィルタ。

31. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、フォトニッククリスタル共振器システムである電磁界周波数フィルタ。

32. 請求項31に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記共振器システムの吸収特性を変更することによって変化する電磁界周波数フィルタ。

33. 請求項31に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、電氣的、光学的または機械的手段によって変更される電磁界周波数フィルタ。

34. 請求項24に記載のフィルタにおいて、

前記共振器システムは、少なくとも2つの共振器であって、前記入力導波ガイドに同様の結合状態で直接結合されるとともに、互いに直接結合される共振器を含み、

前記少なくとも2つの共振器は、それぞれ希望周波数およびその周辺では、1つだけの共振モードをサポートする電磁界周波数フィルタ。

35. 請求項34に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記共振器システムの吸収特性を変更することによって変化する電磁界周波数フィルタ。

36. 請求項34に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、電氣的、光学的または機械的手段によって変更される電磁界周波数フィルタ。

37. 電磁界周波数フィルタであって、

入力ポートおよび出力ポートを有し、少なくとも1つの希望周波数を含む少なくとも1つの周波数を持つ信号を受け入れる導波ガイドと、

前記導波ガイド内の前記入力導波および出力ポート間に設けられ、少なくとも1つの共振器の内部減衰速度の変化に応じて前記少なくとも1つの希望周波数を前記出力ポートに伝送する共振器システムを有し、

前記共振器システムは、少なくとも1つの共振モードを規定する電磁界周波数フィルタ。

38. 請求項37に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記共振器システムの吸収特性を変更することによって変化する電磁界周波数フィルタ。

39. 請求項37に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、電氣的、光學的または機械的手段によって変更される電磁界周波数フィルタ。

40. 請求項37に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記入力ポートおよび前記出力ポートへ向かう前記希望周波数の選択的スイッチングを提供するために変化する電磁界周波数フィルタ。

41. 請求項37に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、変化することで、前記入力ポートおよび前記出力ポートへ向かう前記希望周波数の選択的スプリットを提供する電磁界周波数フィルタ。

42. 請求項37に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の前記入力ポートおよび前記出力ポートの間の選択的な時間変化スイッチングを提供するために時間的に変化する電磁界周波数フィルタ。

43. 請求項37に記載のフィルタにおいて、

前記少なくとも1つの共振器の前記内部減衰速度は、前記希望周波数の前記入力ポートおよび前記出力ポートの間の選択的な時間変化スプリットを提供するために時間的に変化する電磁界周波数フィルタ。

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 6 G02B6/34 G02B6/12 G02F1/025 G02F1/295		International Application No. PCT/US 98/11319
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G02B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KOOPS H W P: "PHOTONIC CRYSTALS BUILT BY THREE-DIMENSIONAL ADDITIVE LITHOGRAPHY ENABLE INTEGRATED OPTICS OF HIGH DENSITY" PROCEEDINGS OF THE SPIE, vol. 2849, 5 August 1996, pages 248-256, XP000617864 see abstract; figures 6-10 see page 253, paragraph 5.1 - page 254 --- -/-	1,4,5, 52,55, 56,58,63
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 September 1998		Date of mailing of the international search report 08/10/1998
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HM Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Jakober, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/US 98/11319

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	VILLENEUVE P R, FAN S, JOANNOPOULOS J D: "MICROCAVITIES IN PHOTONIC CRYSTALS: MODE SYMMETRY, TUNABILITY AND COUPLING EFFICIENCY" PHYSICAL REVIEW B, vol. 54, no. 11, 15 September 1996, pages 7837-7842, XP000618346 cited in the application see abstract: figure 2 see page 7838, paragraph A - page 7839, paragraph B see page 7840, paragraph C	1-6, 20, 23, 43, 52-56
A	US 4 720 160 A (HICKS JR JOHN W) 19 January 1988 see abstract: figures 1, 3, 4, 16, 17 see column 3, line 49 - column 4, line 20	1, 6, 20, 23, 43
A	US 4 759 596 A (PO HONG ET AL) 26 July 1988 see abstract: figure 1 see column 2, line 43 - line 58 see column 4, line 10 - line 34	1, 6, 20, 23, 43
A	DE 196 34 893 A (DEUTSCHE TELEKOM AG) 15 May 1997  see abstract see column 2, line 56 - column 3, line 16	1, 6, 20, 23, 43, 52, 63
A	US 5 389 943 A (BROMMER KARL ET AL) 14 February 1995 cited in the application see abstract: figures 8, 9 see column 1, line 37 - line 43	1, 6, 20, 23, 43, 52, 63

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 98/11319

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4720160 A	19-01-1988	CA 1272789 A	14-08-1990
		US 4676583 A	30-06-1987
		AU 567022 B	05-11-1987
		AU 1108883 A	30-06-1983
		BR 8208023 A	22-11-1983
		CA 1247903 A	03-01-1989
		DE 3279130 A	24-11-1988
		DK 370583 A,B,	15-08-1983
		EP 0096064 A	21-12-1983
		JP 7066093 B	19-07-1995
		WO 8302168 A	23-06-1983
US 4759596 A	26-07-1988	NONE	
DE 19634893 A	15-05-1997	NONE	
US 5389943 A	14-02-1995	US 5187461 A	16-02-1993
		AU 1435192 A	15-09-1992
		WO 9215124 A	03-09-1992
		US 5471180 A	28-11-1995

## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
G 0 2 F 1/365		G 0 2 F 1/365	
		G 0 2 B 6/12	N
			Z
(31) 優先権主張番号	09/080, 037		
(32) 優先日	平成10年5月15日(1998. 5. 15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(81) 指定国	EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, JP		
(72) 発明者	ヴィルヌーブ ピエール アール アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 ボ ストン ブルックリン アベニュー 61 アパートメント 407		
(72) 発明者	ジョアンノポーラス ジョン ディー アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 ベ ルモント タグラス ロード 64		
(72) 発明者	リトル プレント イー アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 ボ ストン セント ジャーマン ストリート 39		
(72) 発明者	ハース ハーマン エイ アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 レ キシントン ジェフリー テラス 3		



## High efficiency channel drop filter with absorption induced on/off switching and modulation

**Publication number:** JP2001508887T

**Publication date:** 2001-07-03

**Inventor:**

**Applicant:**

**Classification:**

- international: **G02B6/12; G02B6/122; G02F1/01; G02F1/313; G02B6/12; G02B6/122; G02F1/01; G02F1/29; (IPC1-7): G02B6/12; G02F1/01**

- european: **G02B6/12M; G02B6/122P; G02F1/01C; G02F1/313C; Y01N10/00**

**Application number:** JP19990502767T 19980608

**Priority number(s):** US19970871747 19970609; US19970968314 19971112; US19980080037 19980515; WO1998US11319 19980608

**Also published as:**



WO9857207 (A1)  
EP0988569 (A1)  
US6101300 (A1)  
EP0988569 (A0)  
CA2293660 (A1)

**Report a data error here**

Abstract not available for JP2001508887T

Abstract of corresponding document: **US6101300**

A highly efficient channel drop filter. The filter employs a coupling element including a resonator-system between two waveguides, which contains at least two resonant modes. The resonator-system includes one or more interacting resonant cavities which in addition to being coupled to the waveguides, can also be coupled directly among themselves and indirectly among themselves via the waveguides. Each component of the coupling element can be configured or adjusted individually. The geometry and/or dielectric constant/refractive index of the resonator-system are configured so that the frequencies and decay rates of the resonant modes are made to be substantially the same. The filter can achieve 100% signal transfer between the waveguides at certain frequencies, while completely prohibiting signal transfer at other frequencies. In exemplary embodiments, the filter is configured with photonic crystals. In accordance with alternative embodiments of the invention, the filter is configured as an absorption induced on/off switch and modulator. The switching action is achieved with either electrical or optical absorption.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

**CLAIMS****[Claim(s)]**

1. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter. Input Guided Wave Guide Which Transmits Signal with at Least One Frequency Containing at Least One Frequency of Choice, output guided wave guide While being prepared between said input guided wave guide and an output guided wave guide and transmitting said at least one frequency of choice to said output guided wave guide Photograph nick crystal resonator system which enables transmission of the non-wishing frequency which passes along said input guided wave guide Electromagnetic-field frequency filter which it has.
2. In filter according to claim 1 Said photograph nick crystal resonator system is an electromagnetic-field frequency filter containing at least two single mode cavities.
3. In filter according to claim 1 Said photograph nick crystal resonator system is an electromagnetic-field frequency filter containing a cavity with at least one double degeneracy mode.
4. In filter according to claim 1 Said photograph nick crystal resonator system is an electromagnetic-field frequency filter including the periodic dielectric structure of having at least one defect which specifies at least one cavity.
5. In filter according to claim 1 Said photograph nick crystal resonator system and said guided wave guide are an electromagnetic-field frequency filter currently united with single photograph nick crystal.
6. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter. Input Guided Wave Guide Which Transmits Signal with at Least One Frequency Containing at Least One Frequency of Choice, output guided wave guide While being prepared between said input guided wave guide and an output guided wave guide and transmitting said at least one frequency of choice to said output guided wave guide Photograph nick crystal resonator system which enables transmission of the non-wishing frequency which passes along said input guided wave guide It contains. Said photograph nick resonator system The electromagnetic-field frequency filter which is together put so that it may make it possible for it to be mutually opposite, and to be in at least two resonator modes of the symmetry, to prevent that said frequency of choice of said signal is transmitted in said input guided wave guide, and to be transmitted in said output guided wave guide and which \*\*\*\*\*.
7. In filter according to claim 6 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter constituted so that said at least two resonator modes may have the same frequency substantially.
8. In filter according to claim 7 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter constituted so that at least two resonator modes may have the same energy dissipation rate substantially during said guided wave guide.
9. In filter according to claim 6 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter constituted so that at least two resonator modes may have the same energy dissipation rate substantially during said guided wave guide.
10. In a filter according to claim 6 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter which consists of changing a gestalt.
11. In a filter according to claim 6 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter constituted by modification of a refractive index.
12. In a filter according to claim 9 Said at least two resonator modes are the electromagnetic-field frequency filters containing \*\*\*\*\* mode and \*\*\*\*\* mode.
13. In a filter according to claim 12 Said at least two resonator modes are electromagnetic-field frequency filters which have turned to each of said input and an output guided wave guide, and disappear at the same energy dissipation rate substantially.
14. In a filter according to claim 12 Each parity resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter which disappears at the same energy dissipation rate substantially in each of said input and an output guided

wave guide.

15. In a filter according to claim 12 Said parity resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter together put so that it may be prevented that the frequency of said request is transmitted for a signal in said input guided wave guide and it may be mutually made possible in said output guided wave guide.

16. In a filter according to claim 15 Said parity resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter with which a signal is together put mutually so that reflection to the input guided wave guide of the resonance state may be canceled.

17. In a filter according to claim 15 Said parity resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter together put in order to generate said frequency of choice, and to decrease in the predetermined direction of said output guided wave guide.

18. In a filter according to claim 17 Said parity resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter each other together put so that it may cancel towards the opposite direction of said output guided wave guide.

19. In a filter according to claim 6 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter which specifies only two resonator modes.

20. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter. Input Guided Wave Guide Which Transmits Signal with at Least One Frequency Containing at Least One Frequency of Choice, output guided wave guide While being prepared between said input guided wave guide and an output guided wave guide and transmitting said at least one frequency of choice to said output guided wave guide Photograph nick crystal resonator system which enables transmission of the non-wishing frequency through said input guided wave guide It has. Said resonator system At least one external subelement combined with said input guided wave guide is included. Said at least one external subelement Said resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter which has the component canceled [ in / have a perpendicular local mirror flat surface to a guided wave guide, specify symmetrical opposite resonator mode to at least two mirror flat surfaces, and / the hard flow of said input guided wave guide ].

21. In a filter according to claim 20 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter containing the 2nd external subelement combined with said output guided wave guide.

22. In a filter according to claim 20 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter which has the internal resonance subelement which is combined with other resonance and is not directly combined with said guided wave guide.

23. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter. Input Guided Wave Guide Which Transmits Signal with at Least One Frequency Containing at Least One Frequency of Choice, output guided wave guide While being prepared between said input guided wave guide and an output guided wave guide and transmitting alternatively said at least one frequency of choice to said output guided wave guide Transmission of the non-wishing frequency which answers the internal damping rate of at least one resonator of a resonator system, and minds said input guided wave guide is enabled. Said resonator system When an alternative transfer takes place, it is mutually opposite and is in at least two resonator modes of the symmetry. The electromagnetic-field frequency filter which is together put so that it may make it possible to prevent that said frequency of choice of said signal is transmitted in said input guided wave guide, and to be transmitted in said output guided wave guide and which \*\*\*\*\*.

24. In a filter according to claim 23 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter constituted so that said at least two resonator modes may have the same energy dissipation rate substantially towards a guided wave guide.

25. In a filter according to claim 23 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter constituted so that said at least two resonator modes may have the same frequency substantially.

26. In a filter according to claim 25 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter constituted so that said at least two resonator modes may have the same energy dissipation rate substantially towards a guided wave guide.

27. In a filter according to claim 23 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter constituted by change of a gestalt.

28. In a filter according to claim 23 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter constituted by modification of a refractive index.

29. In a filter according to claim 24 Said at least two resonator modes are the electromagnetic-field frequency filters containing \*\*\*\*\* mode and \*\*\*\*\* mode.

30. In a filter according to claim 24 Said at least two resonator modes are electromagnetic-field frequency filters which disappear at the same energy dissipation rate substantially towards each of said input and an

output guided wave guide.

31. In a filter according to claim 29 Said at least two resonator modes are electromagnetic-field frequency filters which disappear at the same energy dissipation rate substantially towards each of said input and an output guided wave guide.

32. In a filter according to claim 29 Said parity resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter together put so that it may be prevented that the frequency of said request is transmitted in said input guided wave guide and it may be mutually made possible in said output guided wave guide.

33. In a filter according to claim 32 Said parity resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter with which a signal is together put mutually so that reflection to the input guided wave guide of the resonance state may be canceled.

34. In a filter according to claim 32 Said parity resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter together put in order to generate said frequency of choice, and to decrease in a predetermined direction towards said output guided wave guide.

35. In a filter according to claim 32 Said parity resonator mode is an electromagnetic-field frequency filter each other together put so that it may cancel in the opposite direction of said output guided wave guide.

36. In a filter according to claim 26 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter which specifies only two resonator modes.

37. In a filter according to claim 23 Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes by changing the absorption property of said resonator system.

38. In a filter according to claim 23 Said internal damping rate of said at least one resonator is an electric and optical electromagnetic-field frequency filter which changes mechanically again.

39. In a filter according to claim 23 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that the alternative switching to one in four ports of said frequency of choice may be offered.

40. In a filter according to claim 23 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that division alternative [ in four ports of said frequency of choice / two ] may be offered.

41. In a filter according to claim 23 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that time amount change switching alternative [ in four ports of said frequency of choice / one ] may be offered appropriately.

42. In a filter according to claim 23 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that division alternative [ in four ports of said frequency of choice / two ] may be offered and alternative time amount change switching may be offered appropriately.

43. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter. Input Guided Wave Guide Which Transmits Signal with at Least One Frequency Containing at Least One Frequency of Choice, output guided wave guide While being prepared between said input guided wave guide and an output guided wave guide and transmitting alternatively said at least one frequency of choice to said output guided wave guide Transmission of the non-wishing frequency which answers the internal damping rate of at least one resonator of a resonator system, and minds said input guided wave guide is enabled. Said resonator system It has said at least one external subelement combined with said input guided wave guide. Said at least one external subelement It has a local mirror flat surface perpendicular to said guided wave guide. Said external subelement The electromagnetic-field frequency filter constituted so that it may have the resonator mode of the symmetry about said at least two mirror flat surfaces and may have the component by which said resonator mode is canceled in the retreat direction of an input guided wave guide when said alternative transfer takes place.

44. In a filter according to claim 43 Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter containing the 2nd external subelement combined with said output guided wave guide.

45. A filter according to claim 43 is. Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter which has the internal resonance subelement which is combined with other resonance and is not directly combined with said guided wave guide.

46. In a filter according to claim 43 Said internal damping rate of said at least one resonator is an

electromagnetic-field frequency filter which changes by changing the absorption property of said resonator system.

47. In a filter according to claim 43 Said internal damping rate of said at least one resonator is an electric and optical electromagnetic-field frequency filter which changes mechanically again.

48. In a filter according to claim 43 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that the alternative switching to one in four ports of said frequency of choice may be offered.

49. In a filter according to claim 43 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that division alternative [ in four ports of said frequency of choice / two ] may be offered.

50. In a filter according to claim 43 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that time amount change switching alternative [ in four ports of said frequency of choice / one ] may be offered appropriately.

51. In a filter according to claim 43 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that division alternative [ in four ports of said frequency of choice / two ] may be offered and alternative time amount change switching may be offered appropriately.

52. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter. Input Guided Wave Guide Which Transmits Signal with at Least One Frequency Containing at Least One Frequency of Choice, output guided wave guide It is prepared between said input guided wave guide and an output guided wave guide. [ whether said at least one frequency of choice is transmitted to said output guided wave guide, and ] Photograph nick crystal resonator system which answers change of said resonator system of the attenuation rate of at least one resonator, and performs alternatively whether the non-wishing frequency which passes said input guided wave guide is transmitted Electromagnetic-field frequency filter which it has.

53. In a filter according to claim 52 Said photograph nick crystal resonator system is an electromagnetic-field frequency filter containing at least two single mode cavities.

54. In a filter according to claim 52 Said photograph nick crystal resonator system is an electromagnetic-field frequency filter containing the cavity in at least one double degeneracy mode.

55. In a filter according to claim 52 Said photograph nick crystal resonator system is an electromagnetic-field frequency filter including the periodic dielectric structure of having at least one defect in which at least one cavity is specified.

56. In a filter according to claim 52 Said photograph nick crystal resonator system and said guided wave guide are an electromagnetic-field frequency filter currently united with single photograph nick crystal.

57. In a filter according to claim 52 Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes by changing the absorption property of said resonator system.

58. In a filter according to claim 52 Said internal damping rate of said at least one resonator is an electric and optical electromagnetic-field frequency filter which changes mechanically again.

59. In a filter according to claim 52 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that the alternative switching to one in four ports of said frequency of choice may be offered.

60. In a filter according to claim 52 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that division alternative [ in four ports of said frequency of choice / two ] may be offered.

61. In a filter according to claim 52 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that time amount change switching alternative [ in four ports of said frequency of choice / one ] may be offered appropriately.

62. In a filter according to claim 52 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least

one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that division alternative [ in four ports of said frequency of choice / two ] may be offered and alternative time amount change switching may be offered appropriately.

63. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter. Guided Wave Guide Which Accepts Signal with at Least One Frequency Which Has Input Port and Output Port and Contains at Least One Frequency of Choice, It unites with the guided wave guide between said input port and an output port. Said resonator system At least one resonator mode is specified. Said resonator system is an electromagnetic-field frequency filter which operates so that change of said resonator system of the internal damping rate of at least one resonator may be answered and the frequency of choice may be alternatively transmitted to said output port.

64. In a filter according to claim 63 Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes by changing the absorption property of said resonator system.

65. In a filter according to claim 63 Said internal damping rate of said at least one resonator is an electric and optical electromagnetic-field frequency filter which changes mechanically again.

66. In a filter according to claim 63 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that the alternative switching to one in four ports of said frequency of choice may be offered.

67. In a filter according to claim 63 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that division alternative [ in four ports of said frequency of choice / two ] may be offered.

68. In a filter according to claim 63 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that time amount change switching alternative [ in four ports of said frequency of choice / one ] may be offered appropriately.

69. In a filter according to claim 63 Said input guided wave guide has input port and an output port. Said output guided wave guide has an advance port and a retreat port. Said internal damping rate of said at least one resonator is an electromagnetic-field frequency filter which changes so that division alternative [ in four ports of said frequency of choice / two ] may be offered and alternative time amount change switching may be offered appropriately.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]**

It has absorption induction ON / off change, and a modulation. Efficient channel drop filter This invention is National. Science It was carried out by obtaining government assistance under authorization number 9400334-DMR given by Foundation.

The government has a suitable right in this invention.

Background of invention Especially this invention relates to an efficient resonator system channel drop filter about a channel drop filter. In the gestalt of operation, a FOTONIKKUKURISUTARU channel drop filter (photonic crystal channel drop filters) is offered.

The interest about a photograph nick integrated circuit (PIC) has increased. All optical-fiber networks came to be increasingly used as backbone of a global communication system. These have a large place based on offering optical transmission (transmission) bandwidth with the dielectric very large matter. This makes demand of wanting to use the usable light pattern region whole region practical grow. In order to increase synthetic transmission band width of face, generally it is suitable to pack closely, the spacing, i.e., the optical data channel, of the optical data stream transmitted to coincidence, and to enable it to correspond to many channels more. That is, it is suitable to make the wavelength difference between two adjoining channels into the minimum.

A channel drop filter (CDF) accesses one channel of a wavelength division multiplex (WDM) signal, and does not block other channels. This filter is PIC and the important component of an optical transmission system. It is interesting to use a resonance filter for a channel drop also in various equipments introduced recently. This is because a resonance filter can be used potentially, in order to choose a single channel with very narrow width of face. Drawing 1 is the outline block diagram of the resonator system CDF 10. In this drawing, drop 14\*\* is connected with the guided wave guide (waveguide) of two, and a bus 12 through the resonator system 16 which has one or more resonance cavities. A bus 12 has input port and an output port, and a drop 14 has a forward direction port (forward port) and a hard flow port (backward port). While a WDM signal (that is, the number signal of multifrequencies) spreads the one interior of a guided wave guide (bus), a single mode is transmitted in the forward direction or the hard flow propagation direction from a bus to other guided wave guides (drop) (transfer). On the other hand, the cross talk during a BASU drop is completely prevented to other perimeter wave numbers.

In this contractor, it is the purpose explaining this invention and, probably, it turns out that a channel drop filter can transmit a channel to other guided wave guides from a 1 guided-wave guide, i.e., it is a filter which drops a channel with a drop from a bus, or can add the channel from a drop to a bus.

The engine performance of CDF is decided by transfer efficiency during the guided wave guide of two.

Perfect effectiveness corresponds to the condition of being the forward direction or hard flow and transmitting the selected channel to a drop 100%. At this time, there is a transfer to a bus or no hard flow reflection. All other channels should not be influenced by existence of an optical resonator.

Furthermore, it is also desirable to obtain ON/OFF change function in CDF. That is, it is desirable for a transfer of a frequency channel to be changed. In the state of "ON", a frequency channel is completely transmitted to a drop guided wave guide from a bus, and it is ideal that it is in a bus guided wave guide in the condition that a frequency channel is not blocked in the state of "OFF." It is possible using a frequency tuning device to realize such ON / an off function. However, in order to turn off equipment, the resonance frequency of a joint element must shift out of the perimeter wave number range of a signal. The inclination to require big change power has such a frequency shift, and it is not so practical.

Therefore, the purpose of this invention is realizing desired ON / off function using the absorption induction (absorption-induced) change effectiveness.

Indication of invention This invention offers an efficient channel drop filter. The joint element containing the resonator system formed between the guided wave guides of two is used for this filter. This resonator system contains at least two resonance modes. This resonator system has one or more interaction resonance cavities. In addition to connecting with a guided wave guide, these cavities are indirectly connectable through direct or a guided wave guide also among these selves. the component of a joint element -- an individual exception -- \*\*\*\* -- being certain -- it can be and can adjust. the joint structure of a resonator system -- and -- or -- or when absorption is not induced inside a resonator system, a dielectric constant/refractive index is formed so that the frequency and attenuation factor of resonance mode may become the same substantially. While this filter can perform 100% of signal transfer between guided wave guides in a certain frequency, it prevents the signal transmission in other frequencies completely. In the gestalt of operation, this filter is formed using photograph nick crystal.

According to the gestalt of another operation concerning this invention, the channel drop filter equipment which has the linearity-like (straight-sidewall lineshape) property of a straight-line side attachment wall is offered at the flat top. This linearity-like property combines a guided wave guide using some resonance frequency, is devising relative location attachment of [ other than the frequency of each resonance ], and is realized. If much resonance is used, it will also become possible to devise an optical switch. These equipments can change a signal between the forward direction, hard flow, or a full transfer and a zero transfer.

Therefore, an electromagnetic-field frequency filter is offered in the gestalt of the 1 operation concerning this invention. This filter includes an input guided wave guide and an output guided wave guide. An input guided wave guide carries the signal which has two or more modes containing desired guide mode. A resonator system is connected between an input guided wave guide and an output guided wave guide, and desired induction (guided) mode is transmitted to an output guided wave guide, and it enables it to transmit a residual frequency through an input guided wave guide (an input guided wave guide is passed for a residual frequency).

A resonator system specifies at least two face to face symmetrical (it is opposite exactly) local resonance modes to a mirror flat surface including the external sub element connected with an input guided wave guide, and the external sub element which has a perpendicular local mirror flat surface to a guided wave guide. This resonance mode contains the component (component) which becomes an invalid in the hard flow of an input guided wave guide (it cancels).

In the gestalt of still more nearly another operation concerning this invention, the channel drop filter which has ON / off change function is offered. This change is realized by building into a joint element the matter which has the absorption property which can be adjusted. If the matter which can be adjusted shows the minimum absorption, the target frequency channel will be completely transmitted to a drop guided wave guide from a bus guided wave guide. On the other hand, when this matter shows the maximum absorption, a frequency channel is not transmitted but remains in the condition of not being blocked in a bus guided wave guide. This change actuation is easily realized with either an electric means or an optical means.

Easy explanation of a drawing Drawing 1 is the outline block diagram showing the common resonator system CDF.

Drawing 2 A and drawing 2 B are the schematic diagrams of a profile plot showing the resonance system which supports the two resonance state by the resonance mode field pattern in the CDF structure of having perpendicular mirror flat-surface symmetric property to a guided wave guide, whether two interaction cavities which support unipolar mode are used, respectively, or one cavity which supports KUSAPORU mode (doubly degenerate hexapole mode) to duplex degeneracy (support) is used.

Drawing 3 is the top view showing an example of the resonator system photograph nick crystal CDF concerning this invention.

Drawing 4 is the schematic diagram of the physical characteristic device for the channel drop in the typical filter which has the resonator system which supports 1 \*\* and 1 \*\*\*\*\* mode.

Drawing 5 is the graph of \*\* for CDF shown in drawing 3 , and the frequency spectrum of an odd symmetric mode.

Drawing 6 A - drawing 6 C is a graph which shows the spectrum of a signal [ in / respectively / a transfer signal, the forward direction, and a hard flow drop ] of CDF shown in drawing 3 .

Drawing 7 shows the electric-field pattern computed in the resonance frequency of CDF shown in drawing 3 .

Drawing 8 is the top view showing another example of the resonator system photograph nick crystal CDF concerning this invention.



Drawing 9 shows the electric-field pattern with which the mode of the resonator system of CDF shown in drawing 8 was computed.

Drawing 10 is the top view showing another example of the resonator system CDF concerning this invention.

Drawing 11 is an outline block diagram of CDF with which a joint element consists of an external sub element and an internal sub element.

Drawing 12 is the outline block diagram of the resonator system CDF which has two external sub elements.

Drawing 13 is the top view showing an example of the resonator system photograph nick crystal CDF which has four point defects concerning this invention.

Drawing 14 is the graph of the frequency spectrum of a  $^{**}-^{**}$  [ which is shown in drawing 13 / for CDF ],  $^{**}-^{**}$ , and  $^{**}$ -odd symmetric mode.

For drawing 15 A - drawing 15 C, CDF shown in drawing 13 is a transmission signal in a bus, respectively. It is drawing showing the brightness spectrum of the transmission signal under forward direction drop, and the transmission signal under hard flow drop.

Drawing 16 is the top view showing the example of the resonator system photograph nick crystal CDF which has two point defects which aligned perpendicularly to the related guided wave guide.

Drawing 17 is the top view showing the example of the resonator system photograph nick crystal CDF which has two point defects which have not global symmetric property but local symmetric property.

Drawing 18 is the top view showing the example of the resonator system photograph nick crystal CDF which has two point defects which aligned in parallel to the related guided wave guide.

Drawing 19 is the top view showing the example of the resonator system photograph nick crystal CDF which has six point defects.

Drawing 20 is the top view showing the example of the resonator system photograph nick crystal CDF which has three cavities.

Drawing 21 is the top view showing another example of the resonator system CDF which used the conventional channel guided wave guide which has the photograph nick crystal which has four minute cavities.

Drawing 22 A and drawing 22 B are the functional block diagrams of the channel drop filter using an absorption induction change device showing "ON" condition and "OFF" condition, respectively.

Drawing 23 A and drawing 23 B are each, front views, and sectional views which met the line 23-23 of the photograph nick crystal resonator system switch / modulator CDF using an electrode, in order to induce absorption.

Drawing 24 A and drawing 24 B are drawings in which the switch/modulator shown in drawing 23 A and drawing 23 B, respectively show normalization transmission and transfer spectrum of "ON" condition.

Drawing 25 A and drawing 25 B are drawings in which the switch/modulator shown in drawing 23 A and drawing 23 B show normalization transmission and transfer spectrum of "OFF" condition.

Drawing 26 is the sectional view showing the example of the resonator system switch / modulator CDF by which absorption is induced through an optical fiber.

Drawing 27 A and drawing 27 B are the front views and sectional views which met the line 27-27 of the example of the resonator system switch / modulator CDF using an electrode, in order to induce absorption.

Drawing 28 is the top view showing the example of the photograph nick crystal resonator system switch / modulator CDF which has three cavities.

Drawing 29 A and drawing 29 B are the front views and sectional views which met the line 29-29 of an example of a guided wave guide switch / modulator.

Drawing 30 A and drawing 30 B are drawings showing normalization reflection of "ON" condition of a switch modulator shown in drawing 29 A and drawing 29 B, and transmission spectrum.

Drawing 31 A and drawing 31 B are drawings showing normalization reflection of "OFF" condition of a switch modulator shown in drawing 29 A and drawing 29 B, and transmission spectrum.

The best gestalt for inventing This invention offers the design of the resonator system CDF which realizes the maximum transfer efficiency (the basic property). CDF which starts this invention for clear-izing explains the gestalt of operation including dropping a channel with a drop from a bus. In this contractor, it turns out that CDF concerning this invention functions similarly and a channel is transmitted to other guided wave guides from the 1 guided-wave guide of arbitration.

This design is due to precise symmetric property and analysis by count. The joint element prepared between the guided wave guides of two is used for CDF concerning this invention. This has at least two resonance modes. A resonator system has one or more interaction resonance cavities. In addition to connecting with a

guided wave guide, these cavities can be indirectly connected through direct or a guided wave guide also among these selves. each component of a joint element -- an individual exception -- \*\*\*\* -- being certain -- it can be and can adjust. the joint structure of a resonator system -- and -- or -- or a dielectric constant/refractive index is formed so that the frequency and attenuation factor (decay rate) of resonance mode may become the same substantially. The aforementioned property is characteristic when absorption is not induced within a resonator system.

100% of transfer efficiency can be attained in the example of the photograph nick crystal CDF etc. The gestalt of the operation using photograph nick crystal which combined the photograph nick crystal resonator system and the conventional guided wave guide while introducing the gestalt of two operations is introduced. Moreover, the gestalt of the implementation which modulates CDF using nonlinear material is also introduced. Furthermore, the gestalt of the operation which performs ON/OFF change and adjustment of CDF is also explained using an absorption effect.

The general CDF configuration 10 shown in introduction and drawing 1 must be considered, and a basic property required in order to attain 100% of transfer efficiency must be determined. In resonance frequency, the induction (guided :guided) mode in the bus guided wave guide 12 excites the mode of the resonator system 16 (excitation: excite). Then, resonator system mode is decreased towards the both sides of the bus guided wave guide 12 and the drop guided wave guide 14.

The transmitted signal (signal which passes along a bus guided wave guide) consists of an input signal and a signal resulting from attenuation of resonator system mode. By forming a resonator system appropriately, these signals are made to interfere mutually destructively and can be canceled. Consequently, it becomes zero transmission needed. On the other hand, a reflective signal originates in attenuation of resonator system mode extensively. In order to realize perfect transfer (transmission during guided wave guide) effectiveness, a resonator system is formed so that a resonator system signal may not decline in the hard flow in a bus.

In order to realize zero transmission and zero reflection, the configuration which has the face to face symmetrical mode is required. The configuration shown in drawing 1 has perpendicular mirror flat-surface symmetric property to a guided wave guide, and the case where a resonator system supports the two resonance state is considered. One of the two resonance state is \*\*\*\*\*, this electromagnetic field are shown by  $|even\rangle$  to a mirror flat surface, another is \*\*\*\*\* and this electromagnetic field are shown by  $|odd\rangle$ . The example of \*\* and an even state is shown in drawing 2 A and drawing 2 B. These drawings are schematic diagrams showing the profile plot of the resonator system which considers whether one cavity which supports duplex degeneracy hexapole (six poles) mode (doubly degene rate hexapole mode), respectively, using two interaction cavities which support unipolar mode (support) is used as the resonance mode field pattern in the CDF configuration which has perpendicular mirror flat-surface symmetric property to a guided wave guide, and supports the two resonance state.

Drawing 2 A shows \*\* 200 of a configuration of having two connected cavities which support unipolar mode, and a \*\* 202 field pattern. Drawing 2 B shows \*\* 204 of a configuration of having the cavity of the piece which supports duplex degeneracy hexapole mode, and a \*\* 206 field pattern. + Reach and the notation of - is the sign (sign) of the field.

It is shown. Two rectangular heads contiguous to a field pattern show a bus 210 and a drop 212 guided-wave guide.

It is decomposed and the inputted electric wave  $eikx$  serves as  $\cos(kx)+i\sin(kx)$ . Here, X corresponds in the direction which meets a guided wave guide. To a mirror flat surface, a  $\cos(kx)$  part is \*\* and is connected only with \*\*\*\*\*. On the other hand, it is  $\sin(kx)$ .

A part is \*\* and is connected only with \*\*\*\*\*. In an equal example, the resonance state of  $|even\rangle+i|odd\rangle$  is excited for a coupling constant to both modes. This is decreased only by meeting the forward direction in an input guided wave guide. Consequently, reflection is lost completely.

If the following is filled, maximum CDF effectiveness can be attained. To a guided wave guide, this configuration has at least one perpendicular mirror flat surface, faces each other, and blindness in one eye supports at least two symmetrical resonance state. As for the second, these two conditions have the same frequency substantially. The third is that these two conditions have the same quality factor (quality factor) substantially. A quality factor is determined based on attenuation (decay) of the resonance to guided wave guide mode.

Drawing 3 is the top view of the gestalt of typical operation of the resonator system photograph nick crystal CDF 300 concerning this invention. CDF300 contains the photograph nick crystal 302 which has the guided wave guide of two, and a bus 304 and a drop 306. CDF has the resonator system 307 further and this has two point defects or cavities 308 and 310. A photograph nick crystal cavity is in single mode truly to the

resonance cavity of other molds. This is described Villeneuve et al. "Micro cavities in photonic crystals: Mode symmetry, tunability, and coupling", Phys. Rev. B 54, and 7837 (1996). This reference makes reference here and is applied. Furthermore, a photonic crystal cavity does not wear the radiation loss of a proper, but is insensitive a little to the irregularity (disorder) relevant to manufacture. this -- Fan et al., "Theoretical investigation of fabrication-related disorder on the properties of photonic crystals", and Journal App. Phys. -- it is describing 78 and 1415 (1995). This reference makes reference here and is applied. In the context of the illustrated operation, the photonic crystal 302 is formed as a rectangular grid of the high index dielectric post 132 on substrates, such as silicon, (high-index dielectric post). This post is radius  $0.20a$  and a dielectric constant 11.56. Here,  $a$  is a lattice constant. The post of two trains is removed and a guided wave guide is formed. The post of two is changed and a joint element is introduced between guided wave guides. This prescribes cavities 308 and 310. Each cavity is radius  $0.05a$  and a dielectric constant 6.6. This cavity is each  $\pi$  of 5 lattice-constant detached building and a guided wave guide mutually, and is  $2\pi$  lattice-constant  $\pi$  from a guided wave guide. Each cavity supports the local single electrode condition which degenerated single-handedly.  $\pi$  and an even state consist of combining two single electrodes with a primary target (linear).

Such CDF can be constituted using photonic crystal so that men of the same trade may understand. Here, a contrast (contrasting) dielectric constant forms a channel or a hole in the first dielectric matter, and is obtained by burying by the second dielectric matter which has a refractive index which is different from air or the first dielectric matter in the channel or hole. The various examples and manufacture approaches of a photonic crystal configuration are U.S. Pat. No. 5,187,461.

No. 5,389,943, No. 5,440,421, No. 5,600,483

It is stated to the United States patent application 08th / No. 395,441, and the 08th / No. 665,529. These make reference here and are used.

Drawing 4 is the outline block diagram showing the physical device used for the channel drop concerning this invention. This is a typical object for filters which has the resonator system 405 which supports the 1 even symmetric mode and the 1 odd symmetric mode of the same frequency substantially. This drawing contains the channel drop filter 400 which has the bus guided wave guide 402, the drop guided wave guide 404, and the resonator system 405 connected among these. In resonance frequency, the guide mode in a bus excites the both sides of even symmetric mode and an odd symmetric mode. Instead, the  $\pi$  406a-406d mode of a resonator system and the  $\pi$  407a-407d mode are decreased equally substantially, and start a bus and a drop.

The transmission (transmission) signal 408 consists of three parts. That is, they are an input signal 410 and the signals 406b and 407b resulting from attenuation of resonator system mode. It interferes in these three parts destructively, and, as a result, they become zero transmission. On the other hand, the reflective signal 412 consists of two parts. That is, they are the signals 406a and 407a resulting from attenuation of resonator system mode. Under the conditions on which  $\pi$  and an odd state which were described until now have the same frequency and the same quality factor substantially, these two parts are negated and serve as zero reflection. In the context of operation, there is no signal into a drop also in any of the forward direction or hard flow. Selection of a direction changes with phases of the attenuation amplitude to the bus and drop from  $\pi$  and an odd symmetric mode.

Two cavities of CDF300 shown in drawing 3 are indirectly connected directly through crystal through a guided wave guide. each joint device -- the frequency of  $\pi$  and an odd state -- dividing (that is, degeneracy being destroyed) -- a sign becomes reverse. What is correctly negated between two linkages is certainly performed by changing the dielectric constant of four individual posts 314, 316, 318, and 320 in photonic crystal into 9.5 from 11.56. Or the radius or configuration of four individual posts can be decreased, and the same result can be obtained.

Analytically, if the wavelike vector  $k$  in guide mode fills the relation between  $k-d=n\pi$ , it can be shown that the quality factor of two conditions can be made equal. Here,  $d$  is the distance between two cavities (defect), and  $n$  is an integer. In order to fulfill this condition, two cavities are separated with five lattice constants, and the magnitude and the dielectric constant of a defective post are chosen and changed so that the guide mode in resonance frequency may have wavelike  $\pi$  KUTORU of  $0.25a$ .

In order to prove these assumptions, the filter reaction of a general configuration of being shown in drawing 3 is computed using the field method between difference minutes (finite-difference time-domain scheme).

Both delivery,  $\pi$ , and an odd state are excited for a pulse to one of a guided wave guide. These two conditions are exponentially decreased in a guided wave guide. By carrying out the Fourier transform of the amplitude to decrease,  $\pi$  to a configuration 30 and the frequency spectrum of an odd symmetric mode can

be found. Respectively, as shown in the graph of drawing 5, it has the shape of Lorentz mold linearity (Lorentzian lineshape). The shape of two linearity overlaps nearly completely as a request.

The spectrum of a transmission signal and the signal within the forward direction and a hard flow drop are shown in drawing 6 A - drawing 6 C, respectively. Transmission efficiency is close to 100% over all spectrum other than resonance frequency. In resonance frequency, transmission efficiency falls to 0% as it is shown in drawing 6 A. A forward direction drop shows the shape of Lorentz mold linearity, and shows the maximum near 100% in resonance. A quality factor exceeds 1000, as shown in drawing 6 B. As a hard flow drop is shown in drawing 6 C, a signal is lacked nearly completely.

Drawing 7 shows the electric-field pattern computed in the resonance frequency of CDF300 shown in drawing 3. This electric field show the maximum transfer efficiency in the stable state frequency of 0.3696 c/a. This power is completely transmitted to a drop from a bus. According to the simulation, the ideal property of a channel drop filter is seen.

Drawing 8 is the top view showing the gestalt of another operation of the resonator system photograph nick crystal CDF 700 concerning this invention. CDF700 has the photograph nick crystal 702 which has the guided wave guide of two, and a bus 704 and a drop 706. The photograph nick crystal 702 is formed as a rectangular grid of the high index dielectric post 708. This post has the radius of  $0.20a$ , and the dielectric constant of 11.56. Here,  $a$  is a lattice constant. The post of two trains is removed and a guided wave guide is formed. The joint element between the guided wave guides of two is the resonator system 709, and this consists of one cavity 710 which has duplex degeneracy mode (that is, two modes of the same frequency). This cavity increases and forms the radius of one post in  $0.60a$  from  $0.20a$ . Or even if it changes the dielectric constant of one post, it can form. A dielectric constant is increased with the gestalt of the illustrated operation. Moreover, the photograph nick crystal which has the channel or hole of the matter which has air or a contrastive dielectric constant as mentioned above can be manufactured.

Drawing 9 shows the electric-field pattern computed when there was no guided wave guide in the mode of the resonator system of CDF700 shown in drawing 8. This electric-field pattern shows two duplex degeneracy modes of the resonator system of CDF700 in case there is no guided wave guide. The general configuration which one of these modes is \*\*, and serves as an electric-field pattern shown in drawing 9 since another side is \*\* has the first for attaining maximum CDF effectiveness, and the second condition, i.e., at least one mirror flat surface, it has at least two face to face symmetrical (it is opposite exactly) resonance modes, and these two modes fulfill the conditions of having the same frequency. However, when there is a guided wave guide, degeneracy is destroyed, and the two modes differ and are combined with a guided wave guide. Therefore, these have a different quality factor. This is effective in lowering transfer efficiency from 100%. in order to optimize transfer efficiency -- the configuration of a cavity -- changing -- the top -- or -- or the magnitude and the dielectric constant of a post which approach so that resonance mode may have the same frequency substantially are changed.

Drawing 10 shows the gestalt of another operation of the resonator system CDF 900 concerning this invention. CDF900 has the guided wave guide of two, and a bus 902 and a drop 904. This guided wave guide is the conventional channel guided wave guide made by the high dielectric matter on substrates, such as silicon. The joint element which carried out the configuration of the resonator system 906 is formed from photograph nick crystal including the dielectric field 908. Hole 910 train is periodically formed in this field 908. By severing periodicity, two defects 912 and 914 are formed in a line of holes. These two defects act as a cavity.

Or this hole can also be replaced with a rod as mentioned above.

The effectiveness of the instantiation-operation gestalt of all above is the configuration (geometry) of a resonator system.

It optimizes by [ of a refractive index ] constituting and choosing the parameter about either at least. By [ of a suitable configuration and a suitable refractive index ] choosing either to a resonator system at least, the frequency in degeneracy mode (degenerate mode) becomes almost the same in accordance with the criteria of effectiveness. Furthermore, it is constituted by the configuration and refractive index of a resonator system so that substantially identically [ attenuation (decay) or the dissipation factor (dissipation rate) in degeneracy mode ] in a bus guided wave guide and a drop guided wave guide (bus and drop waveguides). Therefore, post 314,316,318,320 cannot change a dielectric constant as mentioned above to the remaining post 312, but CDF300 of drawing 3 can constitute it so that a configuration, i.e., magnitude, and a form may change. Furthermore, CDF700 of drawing 8 can be optimized the configuration of the post which adjoins a cavity 710, and by [ of a refractive index ] determining either at least. For example, posts 712 and 714 can be formed more greatly than other posts 708 of photograph nick crystal (photoniccrystal), although it is

smaller than a cavity 710. Or the both sides of a single post can be cut or cut for a cavity (SHIEBINNGU: shaving), and as the post of a diamond configuration formed in a plan, it can also constitute. As an example which corrects the resonator system of CDF900 of drawing 10 in agreement [ degeneracy mode and an attenuation factor ] as mentioned above, the dielectric field 908 can be more broadly formed in the field which adjoins defects (defects) 912 and 914.

In the further instantiation operation gestalt, the design of the channel (tunable) drop filter which can be adjusted is taken into consideration. The channel frequency was determined in each operation gestalt explained until now by the configuration and dielectric constant of structure which are determined as manufacture and coincidence. A nonlinear ingredient can be used in order to change the frequency of a channel dynamically (namely, in order to make a different frequency using the same equipment drop). And an electron (however, not restricted to these), piezo-electricity, heat, or electromagnetic mechanisms, such as the electro-optical effect, a charge carrier effect (charge-carrier effect), and photoionization of DX center, are used, the dielectric constant of a resonator system or its peripheral device is formed, and adjustment of CDF is enabled. the example of resonance adjustment of the resonator system which used the nonlinear ingredient -- Villeneuve et al., "Single-mode waveguide microcavity for fastoptical switching", Optics Letters, Vol.21, and No. -- it is indicated by 24 and 2017 (1996).

Channel drop filters are the photograph nick IC (integrated circuit) and the important component of an optical transmission system. With these equipments, one or more frequency channels which can be set to a WDM signal can be accessed, without blocking other channels. Until now, the equipment which uses at least two resonance modes was used as a joint element of two guided wave guides. As a result of using two resonators, the shape of Lorentz mold transfer linearity (Lorentzian-shaped transfer lineshape) and a response function arise. Transfer (transfer) effectiveness reaches to 100% in resonance frequency, and if it separates from resonance frequency, it will decrease rapidly. In an actual WDM system, the resonance frequency of a filter is uncertain because of the irregularity (disorders) relevant to the manufacture. Furthermore, signal frequency is changed for the temperature change in the light source. The Lorentz mold transfer function requires the precision level of high extent in manufacture of a filter, and the frequency stability of the light source.

On the other hand, since the filter structure of having a response function with a crowning "flat (flat top: flat-top)" can transmit a signal different slightly [ a frequency ] at the same effectiveness, it can permit great structure and a great temperature change. Furthermore, the design of a filter is taken into consideration in practice about linearity-like a "side attachment wall." From resonance frequency, a Lorentz function separates considerably and descends by  $(\Delta\omega)^{-2}$ . Here,  $\Delta\omega$  is the difference of the signal frequency of a filter, and resonance frequency. However, in order to reduce the cross talk between the frequency channels which approach depending on a practical system, quick descent (fall-offs) is required. In order to cope with these practical considerations, in this invention, the design of a channel drop filter which has the customized response function is offered. Such structures introduce two or more resonators, and are formed by adjusting suitably the center frequency and width of face of these resonators. The shape of transfer linearity of the filter structure equipped with each property of "the flat crowning" for which it asks, and "a sharp side attachment wall" as an instantiation operation gestalt is explained. In addition to the shape of that response linearity, this design also offers the possibility of a still more original switch function. Although this explanation focuss on the filter structure of having the response characteristic of "a flat crowning" and "a sharp side attachment wall", it is understood by this contractor according to the structure of explaining henceforth that other response functions can be generated.

In order to have the shape of transfer linearity other than a low RENTSU type, the structure of holding two or more resonators is required. Drawing 11 is the outline block diagram of the resonator system CDF 1100 by this invention. It is combined between the input guided wave guide 1102, the output guided wave guides 1104, and these guided wave guides, and CDF1100 contains the resonator system 1106 which has two or more resonance modes. In order for a signal transfer to occur, a resonator system needs to contain at least one external subelement by which direct continuation was carried out to the input guided wave guide. In the example illustrated, the bus external subelement 1108 and the drop external subelement 1110 are formed. In the case of the specific case where the external subelement is prepared only one, the subelement must be connected to any guided wave guide.

Direct continuation of the resonator system is not carried out to a guided wave guide, but it can contain further the internal subelement 1112 connected only to other resonators. By introducing an internal subelement, higher flexibility can be accepted in the design of the filter which has the shape of response linearity of arbitration.

Each subelement supports one or more local resonance modes. Local resonance mode is the proper (vibration) mode of the subelement under the conditions that the subelement is separated from other parts of a system. Therefore, local mode is spatially related with the subelement. When an interaction exists, local mode is not necessarily the system-wide native mode. Therefore, in CDF structure, local mode contains the frequency component of one of one or more. It depends for actual arrangement of these frequency components on the essence of the interaction between subelements. Each subelement has further the local symmetric property defined as symmetric property (SHIMETORI) related only with the subelement. Local symmetric property does not need to be the same as the symmetric property of the whole structure henceforth called broader-based (global) symmetric property.

The external subelement (it is henceforth called a bus subelement) connected to the bus guided wave guide has local mirror flat-surface symmetric property perpendicular to a guided wave guide, and must support at least two local modes of anti-symmetry (even), i.e., the local mode of at least one \*\*, and the local mode (odd) of at least one \*\* mutually. In order to obtain zero reflection (zero reflection), the attenuation amplitude to the hard flow in these modes must be added to zero. When local mode exists only in two, one side must be [ another side ] \*\* in \*\* about a mirror flat surface. In order to offset the attenuation amplitude in the hard flow of a bus guided wave guide, the shape of linearity in these two modes must overlap substantially. For this reason, it is required that the component with which these two modes correspond should have the same center frequency and the same width of face substantially. On the other hand, when two or more local modes exist, it is only called for that the sum of the attenuation amplitude from the mode of all \*\* offsets the sum in the attenuation mode from all odd symmetric modes.

In order to obtain a perfect transfer from a viewpoint of the conservation of energy, the energy of a resonator system needs to decrease at the same rate in a bus guided wave guide and a drop guided wave guide. This is realizable by having structure including the mirror flat surface which is parallel to for example, a guided wave guide. In order to perform the one direction transfer to one of the forward directions or hard flow of a drop guided wave guide, the external subelement (it is henceforth called a drop subelement) connected to the drop guided wave guide has a local mirror flat surface, and must be equipped with the property that symmetric property supports reverse local mode.

The shape of transfer linearity is customizable by adjusting the interaction between subelements and adjusting the interaction between a resonator system and a guided wave guide further. Frequency spacing between different channels and the width of face of a CDF transfer (transfer) function determine the number of the dropped channels. The width of face of a transfer function is made to increase depending on the case, and it is sometimes desirable to enable a transfer of more frequency channels. This can perform the number of the local resonance modes for example, in a resonator system by increment.

If it summarizes, 1 operation gestalt of this invention will offer an electromagnetic-field frequency filter including the input guided wave guide which conveys the signal which has two or more modes containing the guide mode of hope, and an output guided wave guide. A resonator system is combined between an input guided wave guide and an output guided wave guide, desired guide mode is transmitted to an output guided wave guide, and transmission of the remaining frequency by the input guided wave guide is enabled. A resonator system contains the external subelement connected to the input guided wave guide. This external subelement has a local mirror flat surface perpendicular to a guided wave guide, and determines at least two local resonance modes of anti-symmetry mutually to this mirror flat surface. As a result of resonance mode's having the component offset in the hard flow of an input guided wave guide, reflection does not take place.

The structure which can generate the flat linearity-like (maximum-flat line-shape) transfer function of maximum as an example is considered. The example of the flat linearity-like transfer function T of

maximum ( $\omega$ ) is defined below. :

$$T(\omega) = \frac{Y^4}{(\omega - \omega_0)^4 + Y^4} \quad (1)$$

Here, it is half width [ in /  $\omega_0$  and / in  $\omega$  / the one half (half maximum) of maximum ]. [ center frequency ] This transfer function is equipped with each property of "the flat crowning" for which it asks, and "a sharp side attachment wall." In order to satisfy above-mentioned requirements, to a guided wave guide as shown in drawing 12, one side is parallel and considers the structure of having two mirror flat surfaces where another side is perpendicular.

Drawing 12 is the outline block diagram of the resonator system CDF 1200. CDF1200 consists of an input guided wave guide 1202, an output guided wave guide 1204, and two external subelements 1208 and 1210, and has the resonator system 1206 which does not contain an internal subelement. Each external subelement

supports two local resonance modes including two cavities (not shown) close to a guided wave guide. The subelement 1208 connected to the input guided wave guide 1202 supports the local mode of \*\* shown by the local mode of \*\* shown by  $|1, e\rangle$  and  $|1, o\rangle$ . The property of \*\* and \*\* is determined in this example in relation to the mirror flat surface perpendicular to a guided wave guide which is also a local mirror flat surface of a subelement.

Such local modes are not the eigenstates of the whole structure because of the interaction of two subelements. Four eigenstates of structure have a different symmetry property about two mirror flat surfaces, and each is shown according to the symmetry property. For example, condition  $|\text{even-odd}\rangle$  is \*\* about a mirror flat surface parallel to a guided wave guide, and \*\* about a mirror flat surface perpendicular to a guided wave guide. Each eigenstate has the shape of linearity of the Lorentz mold, and it is characterized with the center frequency and width of face.

Local mode can be developed about the eigenstate of a system (expansion). In for example, the case of the

$$|1, e\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\text{even} - \text{even}\rangle + |\text{odd} - \text{even}\rangle) \quad (2)$$

$$\text{subelement 1208 } |1, o\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\text{even} - \text{odd}\rangle + |\text{odd} - \text{odd}\rangle) . \quad (3)$$

It turns out that the sums of the Lorentz function the number of the shape of linearity of each local mode is [ Lorentz function ] two are consisted of by such expansion. In order to realize zero reflection, the two shape of these linearity must offset each other mutually. Offset can be performed with either of the following two approaches.

Possibility 1:  $\omega_{\text{even-even}} = \omega_{\text{odd-even}} = \omega_1$  (4)

$\omega_{\text{even-odd}} = \omega_{\text{odd-odd}} = \omega_2$  (5)

$\epsilon_{\text{even-even}} = \epsilon_{\text{odd-even}} = \epsilon_{\text{even-odd}} = \epsilon_{\text{odd-odd}} = \epsilon$  (6)

Possibility 2:  $\omega_{\text{even-even}} = \omega_{\text{odd-odd}} = \omega_1$  (7)

$\omega_{\text{even-odd}} = \omega_{\text{odd-even}} = \omega_2$  (8)

$\epsilon_{\text{even-even}} = \epsilon_{\text{odd-even}} = \epsilon_{\text{even-odd}} = \epsilon_{\text{odd-odd}} = \epsilon$  (9)

Each  $\omega$  is the center frequency of the corresponding native mode here, and  $\epsilon$  is width of face. In the 1st scenario, a frequency is transmitted along the forward direction of a drop guided wave guide, and is transmitted along the hard flow of a drop guided wave guide in the 2nd scenario.

In order to realize the shape of flat (maximum-flat) transfer linearity of maximum also in which scenario, the bond strength between two subelements is adjusted. This association has the effectiveness of dividing the native mode of \*\* and \*\* about a mirror flat surface parallel to a guided wave guide. case a frequency division is almost equal the twice of the width of face of eigenstate -- namely, --  $\omega_1 - \omega_2 = 2\epsilon$  (10)

Structure expresses the flat transfer function of maximum a \*\* case.

Furthermore, a transfer is completely removable by giving the same frequency and the same width of face to all four conditions (eliminate).

$\omega_{\text{even-even}} = \omega_{\text{odd-even}} = \omega_{\text{even-odd}} = \omega_{\text{odd-odd}} = \omega$  (11)

$\epsilon_{\text{even-even}} = \epsilon_{\text{odd-even}} = \epsilon_{\text{even-odd}} = \epsilon_{\text{odd-odd}} = \epsilon$  (12)

In order "to switch" a transfer to hard flow from the forward direction, or in order to remove a transfer, the resonance peak which are  $1/1000$  of the smallness of center frequency and to obtain needs to shift resonance frequency by about one piece. Such a frequency shift is easily realizable using nonlinear effects (however, not limited to this), such as mosquito 1 effectiveness in a semiconductor material.

Drawing 13 is the top view showing another instantiation operation gestalt of the photograph nick crystal CDF 1300 of a resonator system. CDF1300 contains the photograph nick crystal 1301 which has two guided wave guides, and a bus 1302 and a drop 1304. The photograph nick crystal 1301 is constituted as a rectangular grid formed in the dielectric post 1318 of a high index. A radius is  $0.20a$  ( $a$  is a lattice constant), and the dielectric constant of a post is 11.56. The post of two lines is removed for guided wave guide formation.

The joint element during two guided wave guides is the resonator system 1303 including four point defects



(point defects) which form the minute cavities 1306, 1308, 1310, and 1312. A minute cavity is formed by decreasing the radius of four posts from 1.20a. Or it can form also by changing the dielectric constant of four posts. Moreover, as already explained, photograph nick crystal can also be manufactured with the ingredient which has the path, hole, or contrast (contrasting) dielectric constant of air.

A minute cavity is divided to two external subelements, the bus subelement 1314 and the drop subelement 1316. These subelements are perpendicular to a guided wave guide, and have the symmetric property of the local mirror flat surface which is also a mirror flat surface of whole structure with the operation gestalt illustrated. In addition, an internal subelement is not contained in this configuration. between both subelements -- cavities -- 2 lattice-constant partition \*\*\*\*\* from 5 lattice-constant detached building and each guided wave guide. Each cavity supports the unipolar (monopole) condition that independent degeneracy was made local. As already explained, the condition of \*\* and \*\* is constituted by such unipolar line-combination.

If wave vector  $k$  in the guided mode fills the relation between  $k-d=n\pi+\pi/2$  (the distance of the defect in a guided wave guide and a parallel direction and  $n$  are an integer for  $d$ ), it can make the quality factor of these symmetry conditions equal. This condition can be fulfilled by choosing the magnitude and the dielectric constant of a defective post so that defects may be \*\*\*\*\* (ed) five and the guided mode may have the wave vector of  $0.25a^{-1}$  in resonance frequency.

If a single electrode meets in the  $x$  directions indirectly through a guided wave guide, it is directly combined with photograph nick crystal. the frequency in the condition that symmetric property differs about the mirror flat surface where each joint device is perpendicular to a guided wave guide -- dividing (that is, degeneracy being destroyed) -- a sign becomes reverse. As shown in drawing 13, the positive offset between two joint devices is guaranteed at least by [ of the dielectric constant of the selected rods, such as the posts 1320, 1322, 1324, and 1326 of photograph nick crystal, magnitude, and a configuration ] changing either into 11.56-7.5 in the case of a dielectric constant. In order that symmetry may guarantee the suitable frequency division between reverse conditions about the mirror flat surface which is parallel to a guided wave guide, as for the distance between the cavities in the direction of  $y$ , four lattice constants are chosen.

The filter response of the structure shown in drawing 13 is computable with the field method between difference minutes (finite-difference time-domain scheme). A pulse is transmitted to one guided wave guide, and the resonance state is caused. It continues and these resonance state is decreased to a guided wave guide exponentially (expo nentially). It can ask for the frequency spectrum in all the symmetry conditions that each has the shape of Lorentz mold linearity, by carrying out the Fourier transform of the attenuation amplitude. Drawing 14 is a graph which shows the frequency spectrum of a \*-\*\* [ of CDF1300 shown in drawing 13 ], \*\*-\*\*, and \*-odd symmetric mode. The shape of linearity of the \*-even state 1400 and the \*-even state 1402 overlaps nearly completely, and is the same as that of this also about the shape of linearity of the \*-odd state 1404 and the \*-odd state 1406 so that it may be required. Furthermore, it is separated from the center frequency of a \*-even state only the twice of the width of face of a resonance peak to the center frequency of a \*-odd state so that it may be wanted.

The spectrum of the signal in the forward direction and a hard flow drop is shown in drawing 15 C from drawing 15 A with the spectrum of the transmitted signal. Drawing 15 A to drawing 15 C is a graph showing the spectrum of the transmitted signal in the bus of CDF1300 of drawing 13 on the strength, the spectrum of the transmitted signal in a forward direction drop on the strength, and the spectrum of the transmitted signal in a hard flow drop on the strength, respectively. Transmission is close to 100% over the whole spectrum except for near center frequency. In near center frequency, transmission descends to 0% ( drawing 15 A). A forward direction drop reaches about 99% of maximum in center frequency ( drawing 15 B). The hard flow drop shows the absence of a nearly perfect signal ( drawing 15 C). Here, the shape of transfer linearity actually shows the flat property of maximum. That is, flattening of the crowning is carried out in a resonance peak, and the transfer amplitude expresses rapid downhill course that center frequency is left.

Drawing 16 is the top view showing another instantiation operation gestalt of the photograph nick crystal CDF 1600 of a resonator system. CDF1600 consists of photograph nick crystal 1601 which is the rectangular grids which the dielectric post 1603 of a higt index forms, and has the bus guided wave guide 1602 and the drop guided wave guide 1604. In this operation gestalt, the joint element during two guided wave guides is the resonator system 1605 including two point defects which form two cavities 1606 and 1608 to which each supports duplex degeneracy mode (doubly degenerate modes) (namely, two modes in which it has the same frequency). Alignment of each core of a point defect is carried out to the shaft perpendicular to a guided wave guide. Each cavity forms the bus subelement 1610 and the drop subelement



1612 as each external subelement. An internal subelement does not exist in this structure.

Cavities 1606 and 1608 are the radius of two rods from 0.20a 0

It is formed by expanding to 60a. Symmetric mode is constituted by the combination of the shape of linearity in all the modes. The frequency of symmetric mode can be adjusted by [ of the rod which approaches a defective rod and a defect most and is located ] changing one of configurations and dielectric constants at least. The frequency division between the modes in which symmetry differs about the mirror flat surface which is parallel to a guided wave guide can be adjusted by changing the distance of defects and changing the configuration or dielectric constant of a rod located between cavities. Resonance frequency can be located in the approximation location for attaining a perfect transfer of forward direction HE which has the shape of flat transfer linearity of maximum according to such an adjustment device.

Drawing 17 is the top view showing another instantiation-operation gestalt of the resonator system photograph nick crystal CDF 1700. CDF1700 consists of photograph nick crystal 1701 of the rectangular grid which consists of the dielectric post 1703 of a high index, and has the bus guided wave guide 1702 and the drop guided wave guide 1704. In this operation gestalt, the joint element during two guided wave guides is the resonator system 1705 including two point defects which form two cavities 1706 and 1708.

CDF1700 contains two external subelements. Each cavity has determined each external subelement 1710, i.e., a bus subelement, and the drop subelement 1712. An internal subelement is not contained in this structure. These subelements have a local mirror flat surface, and include the single defect which supports the local resonator whose symmetric property is reverse two about this local mirror flat surface, respectively. Unlike the above-mentioned operation gestalt, a broader-based mirror flat surface is not included in this structure. In order to realize a perfect transfer, the shape of linearity of the local mode of \*\* and \*\* needs to be offset mutually. This is realized by changing the dielectric constant or magnitude of a post close to a cavity. By adjusting the dielectric constant or magnitude of a rod located between cavities, association of the local resonator in these two cavities can be adjusted.

Drawing 18 is the top view showing another instantiation operation gestalt of the photograph nick crystal CDF 1800 of a resonator system. CDF1800 consists of photograph nick crystal 1801 which is the rectangular grids which the dielectric post 1803 of a high index forms, and has the bus guided wave guide 1802 and the drop guided wave guide 1804. In this operation gestalt, the joint element during two guided wave guides is the resonator system 1805 including two point defects which form two cavities 1806 and 1808 to which each supports duplex degeneracy mode (namely, two modes in which it has the same frequency). Alignment of each core of a point defect is carried out to the shaft which is parallel to a guided wave guide. Each cavity forms the single external subelement 1810. An internal subelement does not exist in this structure.

The indirect joint path between cavities is offered with the configuration of CDF1800. In addition to other devices which exist in the above-mentioned operation gestalt, such an indirect joint path is applicable also to adjustment of the resonance frequency of symmetric mode. In the forward direction or one of hard flow, a perfect transfer is realizable with this additional device. Furthermore, a transfer is completely removable.

Drawing 19 is the top view showing another instantiation operation gestalt of the photograph nick crystal CDF 1900 of a resonator system. CDF1900 consists of photograph nick crystal 1901 which is the rectangular grids which the dielectric post 1903 of a high index forms, and has the bus guided wave guide 1902 and the drop guided wave guide 1904. In this operation gestalt, the joint element during two guided wave guides is the resonator system 1905 including six point defects which form six cavities 1906, 1908, 1910, 1912, 1914, and 1916 to which each supports an independent degeneracy resonator. Alignment of each core of a point defect is carried out to the shaft which is parallel to a guided wave guide.

CDF1900 contains two external subelements. The external bus subelement 1918 is determined by cavities 1906 and 1908, and the external drop subelement 1920 is determined by cavities 1914 and 1916. It does not connect with a direct guided wave guide, but two central cavities 1910 and 1912 are connected to a guided wave guide through other cavities. This structure is an example of CDF which has the internal subelement 1922. In this case, existence of an internal subelement does not influence duplication of \*\* of an external subelement, and the local state of \*\*, but only changes the frequency of the condition of \*\* and \*\*. By adjusting the dielectric constant of a rod located between the distance between cavities, and a cavity, the shape of more complicated linearity, such as a butterworth function (Butterworth function), is realizable. Furthermore, the positive offset between joint devices is guaranteed by [ of the dielectric constant of the selected rods, such as the posts 1924, 1926, 1928, and 1930 in photograph nick crystal, magnitude, and a configuration ] changing either at least.

Drawing 20 is the top view showing another instantiation operation gestalt of the photograph nick crystal

CDF 2000 of a resonator system. CDF2000 consists of photograph nick crystal 2001 which is the rectangular grids which the dielectric post 2003 of a high index forms, and has the bus guided wave guide 2002 and the drop guided wave guide 2004. In this operation gestalt, the joint element during two guided wave guides is the resonator system 2005 including three point defects which form three cavities 2006, 2008, and 2010. In accordance with the shaft which is parallel to a guided wave guide, alignment of each core of a point defect is carried out. The cavity has determined the single external subelement 2012. An internal subelement is not contained in this structure.

Unlike the above-mentioned operation gestalt, about the perpendicular mirror flat surface, one is \*\* and the external subelement 2012 of this structure contains three local resonators whose two [ other ] are \*\* to the guided wave guide. The number of external subelements is one, and since an internal subelement does not exist, such local modes are the eigenstates of the whole filter structure. A perfect transfer is realizable if the linear function in the mode of \*\* offsets the sum of the shape of linearity of two even symmetric modes. This locates the center frequency of an odd symmetric mode between the center frequency of two even symmetric modes, and is realized by making width of face of an odd symmetric mode larger than the width of face of two even symmetric modes. Since the amplitude of even symmetric mode is large in a main cavity and the amplitude of an odd symmetric mode is small, the relative location of the frequency of \*\* and an odd symmetric mode can be adjusted by changing the dielectric constant or magnitude of a main cavity. The width of face in these modes can be adjusted by changing the distance between cavities.

The positive offset between joint devices is guaranteed by [ of the dielectric constant of the selected rods, such as the posts 2014, 2016, 2018, 2020, 2022, and 2024 in photograph nick crystal, magnitude, and a configuration ] changing either at least.

Preferably, posts 2016 and 2022 are changed by the approach of being different in other posts 2014, 2018, 2020, and 2024.

Drawing 21 is the top view showing the typical gestalt of other alternatives of the resonator system CDF 2100. In CDF2100, the conventional channel bus 2102 and drop 2104 guided-wave guide which consist of a high dielectric material with the resonator system 2105 which consists of photograph nick crystal are used. This CDF2100 is a case accompanied by radiation loss.

The resonator system 2105 consists of two dielectric fields 2106 and 2108, and those fields have a series of holes 2110 prepared periodically, respectively. In each field, two defective parts 2112 and 2114 / 2118 are introduced in the train of a hole by interrupting the periodicity. [ 2116 and 2118 ] These defective parts act like a very small cavity. Unlike two above-mentioned operation gestalten in case there is no radiation loss, it decreases in radiation mode and both the modes of trapped mode according to these two states of impairment. Therefore, the conditions which attain the maximum transfer to the forward direction for flat linearity under existence of radiation loss to the maximum extent are as follows.

$\omega_{\text{even-even}} = \omega_{\text{odd-even}} = \omega_{\text{even}}$  (13)

$\omega_{\text{even-odd}} = \omega_{\text{odd-odd}} = \omega_{\text{odd}}$  (14)

$\omega_{\text{even-even}} = \omega_{\text{odd-even}} = \omega_{\text{even-odd}} = \omega_{\text{odd-odd}} = \omega_{\text{even}}$  (15)

$\omega_{\text{even-even}} = \omega_{\text{odd-even}} = \omega_{\text{even-odd}} = \omega_{\text{odd-odd}} = \omega_{\text{even}}$  (16)

$\omega_{\text{even-odd}} = 2\omega_{\text{odd}}$  (17)

Each  $\omega$  is a central frequency in the corresponding native mode here, respectively, and \*\*  $\omega$  is the width of face of a resonance peak. \*\*  $\omega$  is the width of face of the resonance peak only based on energy stripping into a guided wave guide.

Probably, it will be clear for this contractor that the number's of channels dropped it is dependent on frequency spacing between different channels (frequency spacing) and the width of face of a CDF transfer function. It may be desirable to increase the width of face of a transfer function depending on the case, and to make it possible in transmitting more frequency channels. It can attain the partial resonance mode number for example, in a resonator system by increasing.

Very efficient channel drop filter structure was shown above. It becomes possible to transmit completely 1 of a wavelength division multiplexer (WDM) signal, or some frequency channels to a drop guided wave guide through a joint element according to such structures from a bus guided wave guide, without blocking other channels. The resonance frequency of a joint element was changed and the adjustment mechanism which enables dynamic selection of a frequency channel by that cause was also introduced. However, in addition to such channel selection capacity with a practical WDM system, it is desirable ON and to switch a transfer of a frequency channel off. Ideally, in "ON" condition, a frequency channel (plurality) is completely transmitted to a drop guided wave guide from a bus, and a frequency channel (plurality) is maintained in "OFF" condition by the condition (unperturbed) of not receiving a perturbation at all within a bus guided

wave guide. It is possible to attain such ON / an off function using the frequency regulation mechanism mentioned above. However, in case a device is turned OFF, the resonance frequency of a joint element must be changed out of all the frequency fields of a WDM signal. Modification of such a frequency needs big power at the time of a change-over, and is not practical.

According to the further operation gestalt of this invention, the achievement of an on-off function using the change-over operation guided by absorption is explained. The fundamental principle of operation of this operation is shown in drawing 22 A and 22B. Drawing 22 A and 22B are the functional block diagrams of the channel drop filter 2200 using the mechanism of an absorption induction type change-over in each of an ON state and an OFF state. A filter 2200 contains the bus guided wave guide 2202, the drop guided wave guide 2204, and the resonator system 2206 that functions as a joint element as above-mentioned. The ingredient which has the absorption coefficient which can be adjusted is incorporated into the joint element. A filter is switched to "ON" condition shown in drawing 22 A, and "OFF" condition shown in drawing 22 B by the value of an absorption coefficient.

As above-mentioned, in the state of "ON", an ingredient has the minimum absorption coefficient and the structure functions like the usual channel drop filter. In resonance frequency, power is completely transmitted to a drop guided wave guide from a bus guided wave guide. The transmission amplitude in a bus guided wave guide descends to zero by destructive interference between the attenuation amplitude from a joint element and an incoming wave. Power is transmitted into a drop guided wave guide through the attenuation amplitude from a joint element. For the purpose of instantiation, a transfer of the hard flow in a drop guided wave guide is shown in drawing 22 A. The same is completely said of the case where power is transmitted to the forward direction.

In the state of "OFF", the absorptivity ingredient in a cavity is adjusted so that it may have the maximum absorption coefficient. Therefore, the resonance in the charge of binding material becomes an invalid (spoiled), and the attenuation amplitude from a joint element is removed. It becomes unnecessary for the frequency and attenuation factor of resonance mode to be substantially the same. Within a drop guided wave guide, since all wave power originates in the attenuation amplitude, a power transfer is turned OFF completely. When the attenuation amplitude is lost within a bus guided wave guide to it, destructive interference stops existing. Thereby, in the perimeter wave number range, transmission of an incoming wave is maintained to about 100% as shown in drawing 22 B.

Probably, in both the conditions of "OFF" and "ON", it will be clear the loss of signal's by absorption to be stopped by minimum. In the state of "ON", an absorption coefficient is made into min and the loss relevant to absorption should become the minimum on the design. In this condition, a photon has the big field amplitude within a joint element. Resonance in a joint element is made into an invalid by introducing a big absorption coefficient in the state of "OFF" to it. A photon stops having the big field amplitude within a joint element. The only absorption loss depends the exponential-function tail (exponential tail) of trapped mode on the tunnel operation which led. Such a tunnel operation is minimum-ized by increasing, the distance, i.e., the tunnel barrier, between a guided wave guide and a joint element.

Quantitatively, the response spectrum of a switch is detected by rate of internal damping  $\epsilon_{in}$  of resonance, and rate of external damping  $\epsilon_{ex}$ . The rate of internal damping relates to cavity loss. When cavity loss is guided by ingredient absorption, the rate of internal damping is specified by the following.

$$\epsilon_{in} = \alpha - (c/n) \quad (18)$$

$\alpha$  is the absorption coefficient of an ingredient,  $c$  is the rate of the light within a vacuum here, and  $n$  is a refractive index. The rate of the exterior is prescribed to it by the rate which a photon tunnels into a guided wave guide and is leaked from a resonator system.

An attenuation factor is related to the interior and an external quality factor through the following relation.

$$Q_{in} = \omega / \epsilon_{in} \quad (19)$$

$$Q_{ex} = \omega / \epsilon_{ex} \quad (20)$$

Here,  $\omega$  is resonance frequency. Before absorbing a photon or leaking quality factors  $Q_{in}$  and  $Q_{ex}$ , respectively, they express the number of optical cycles through which it passes within a resonator.

Detailed quantitative analysis can be built by specifying the property of the condition of the element according to each, i.e., the propagation condition in a guided wave guide, and the resonance state of a joint element.

The Hamilton matrix explaining the interaction between those conditions is generated following it. A transmission characteristic can be extracted from such a Hamilton matrix using the approach of a Green function. As an example, in the specific case where only the condition of a single pair exists in a joint element, when those conditions have opposite symmetric property to the mirror plane which is parallel to a guided wave guide, the following transfer spectrums exist (inferior letters  $e$  and  $o$  show even number and an

odd number condition, respectively).

$$T_{bus} = \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{i v_e^{ex}}{\omega - \omega_o + i v_e^{ex} + i v_o^{in}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{i v_o^{ex}}{\omega - \omega_o + i v_o^{ex} + i v_e^{in}} \right)^2 \quad (21)$$

Transmission coefficient :

$$R_{bus} = \left( -\frac{1}{2} \cdot \frac{i v_e^{ex}}{\omega - \omega_o + i v_e^{ex} + i v_o^{in}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{i v_o^{ex}}{\omega - \omega_o + i v_o^{ex} + i v_e^{in}} \right)^2 \quad (22)$$

Reflection coefficient :

Transfer multiplier of the forward direction :

$$T_{fdrop} = \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{i v_e^{ex}}{\omega - \omega_o + i v_e^{ex} + i v_o^{in}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{i v_o^{ex}}{\omega - \omega_o + i v_o^{ex} + i v_e^{in}} \right)^2 \quad (23)$$

Transfer multiplier of hard flow :

$$T_{bdrop} = \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{i v_e^{ex}}{\omega - \omega_o + i v_e^{ex} + i v_o^{in}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{i v_o^{ex}}{\omega - \omega_o + i v_o^{ex} + i v_e^{in}} \right)^2 \quad (24)$$

It is two restrictive cases that especially an interest is held. In one limitation, upsilonin has the small absorption coefficient of the ingredient in a joint element which can be adjusted very small ( $\text{upsilonin} \ll \text{upsilonex}$ ) compared with upsilonex. In that case, upsilonein and upsilonoex can be disregarded in formula (21) - (24). Therefore, those formulas express the response of the channel drop filter from which ingredient absorption was excepted. In resonance frequency, all power is transmitted to a drop guided wave guide from a bus guided wave guide. A switch is in "ON" condition. In limitation of another side, upsilonin has the large absorption coefficient of the ingredient in a joint element which can be adjusted very greatly ( $\text{uin} \gg \text{upsilonex}$ ) compared with upsilonex. By the formula (21), a transmission coefficient approaches 1. By formula (22) - (24), reflection and a transfer multiplier become zero to coincidence asymptotically along with increase of upsilonein and upsilonoex. Therefore, a switch is in "OFF" condition. This frequency channel is maintained by the condition of spreading without receiving a perturbation at all within a bus guided wave guide. Surely this analysis result confirms the explanation about the above-mentioned property.

Equally, based on the relation (a formula (19) and (20)) between an attenuation factor and a quality factor, the interior and an external quality factor can express the two above-mentioned restrictive cases. In  $Q_{in} \gg Q_{ex}$ , "ON" condition corresponds and, in  $Q_{in} \ll Q_{ex}$ , "OFF" condition corresponds.

Generally, it is thought that a joint element supports many conditions from two. Moreover, the symmetric property of those conditions may differ from what was specified above. In those cases, a response spectrum differs from the spectrum expressed with formula (21) - (24). However, the overall property of a change-over and a modulation is still effective.

By introducing absorptivity in a resonance cavity, the resonance state (plurality) related to a cavity is made into an-invalid, and it prevents that a cavity participates in the response of filter structure.

An absorption coefficient can be changed with electric, optical, or different means, such as a machine target. For example, these both are quoted and used for this application please refer to Soref et al., "Electrooptical Effects in Silicon", IEEE J.Quantum Electron., QE-23,123 (1987) and Bennett et al., "Carrier-Induced Change in Refractive Index of InP, GaAs, and InGaAsP", IEEE J.Quantum Electron., and QE-26,113 (1987). In the semiconductor material, the possibility of using isolation carrier absorption to the electromagnetic wave which has a frequency lower than an electronic band gap is shown.

Optical or when electric excitation does not exist, a conduction band is empty (empty) and the ingredient is transparent. That is, an absorption coefficient is equal to zero. An electron can be poured into the conduction band of a semi-conductor by optical excitation on a frequency higher than an electronic band gap, or electronic excitation of current impregnation etc. Those the excitation of both has the operation which guides isolation carrier absorption. In the silicon ingredient of bulk, an absorption coefficient can be adjusted easily [  $105\text{m}^{-1}$  ] from zero on the wavelength of 1.55 microns. It is equivalent to change of the internal quality factor from infinity to about 100. Therefore, significant change-over actuation can be attained in the structure which has 1000 or the external quality factor of extent beyond it. In addition, the

magnitude of an adjustable range required for an absorption coefficient contracts as the external quality factor of resonance increases.

Although all the above-mentioned explanation focused on the side face about a change-over of a device, probably, it will be clear by modulating an absorption coefficient to time amount using the same device that a modulator function can be attained for this contractor. An optical modulator is a device which does the activity in which information is included in a light wave signal. Formula (21) It depends on the internal quality factor of resonance for the rate (fraction) of the power switched between guided wave guides so that - (25) may see. The internal quality factor is determined by the strength [ the ingredient in a cavity ] of absorption. When absorption does not exist, power is completely transmitted to a drop guided wave guide. When absorption is large enough, power is maintained by the condition of not receiving a perturbation at all within a bus guided wave guide, and a transfer is not carried out. When absorption is a mean value, power is partially transmitted to a drop guided wave guide. Thus, the level of the optical strength in a bus and both the guided wave guide of a drop can be modulated by the degree of absorption of the ingredient in a cavity. The general principle of an above-mentioned change-over and a modulation is applicable in each operation gestalt explained to this specification. Instead of explaining application of the ON / off function in all the above-mentioned operation gestalten, a typical operation gestalt is shown and an important practical point of argument is explained.

As first operation gestalt, it includes in the FOTONIKKUKURISUTARU channel drop filter structure which shows change-over/modulation function in drawing 8 . Channel drop filter structure contains the photograph nick crystal which has two guided wave guides. Each of that guided wave guide is formed by removing the post of the single tier in photograph nick crystal. The joint element between two guided wave guides is a resonator system which consists of one cavity. The geometric parameter of this structure is as having mentioned above. In order to incorporate change-over/modulation function, the ingredient which has the absorption property which can be adjusted is introduced in a resonance cavity.

Drawing 23 A and 23B are the top view showing the photograph nick crystal resonator system change-over / modulator CDF 2300 by this invention, and a sectional view obtained along with a line 23-23, respectively. CDF2300 contains the photograph nick crystal 2302 which has a bus 2304 and two guided wave guides of a drop 2306. The photograph nick crystal 2302 is constituted as a rectangular grid formed in the high-index dielectric post (high-index dielectric post) 2308. A post can have the radius of  $0.20a$ , and the dielectric constant of 11.56, and  $a$  is a lattice constant here. The post of two trains is removed and the guided wave guide is formed. The joint element between two guided wave guides is a resonator system which consists of the single cavity 2310. A cavity is the radius of one post from  $0.20a$  0

It is formed by expanding to  $60a$ . By the buffer layer 2312 and the electrode 2314 being attached in a cavity 2310, the electric excitation which is the gestalt of an electrical potential difference or a current is transmitted. As an alternative, as above-mentioned, photograph nick crystal may be manufactured so that the channel or hole which consists of the ingredient which has air or a contrastive dielectric constant may be included.

when electric excitation is not impressed, the ingredient in a cavity is transparent (namely, an absorption coefficient -- very -- only -- coming out -- it is), and this frequency channel is transmitted to a drop guided wave guide from a bus guided wave guide. A transfer spectrum as shown in drawing 24 A and 24B is computed using an above-mentioned finite difference time amount domain program. Drawing 24 A and 24B show transmission and the transfer spectrum in the change-over / modulator structure shown in drawing 23 A and 23B which were normalized. A frequency channel is transmitted to a drop guided wave guide completely [ in hard flow ] from a bus guided wave guide at the time of resonance. This condition is called "ON" condition. In simulation, the external quality factor of resonance is detected as it is about 6,000. At the time of impression of electric excitation, the ingredient in a cavity is tintured with absorptivity on the contrary. 1.

It is proved by the wavelength of 55 micrometers using the ingredient which can come to hand easily [ Si etc. ] that the internal quality factor of 100 can be attained. The nature multiplier of both sexes of the exterior and the interior is related to an attenuation factor through a formula (19) and (20). A response spectrum is detected using formula (21) - (25), and is illustrated by drawing 25 A and 25B.

Drawing 25 A and 25B show transmission and the transfer spectrum in the change-over / modulator structure shown in drawing 23 A and 23B which were normalized. It migrates to the perimeter wave number range, and about [ a transmission coefficient ] 100% is known. Therefore, the transfer to the drop guided wave guide from a bus guided wave guide is turned OFF. This condition is called "OFF" condition. It is another typical operation gestalt shown in drawing 26 , and the resonator system change-over /

modulator CDF 2600 with which CDF2300 and structure are similar have the absorptivity guided optically. Instead of attaching an electrode in the front face of the joint element cavity 2602, the optical fiber point 2604 is used, optical excitation is locally supplied in a joint element, and an absorption property is changed. Optical excitation is impressed on a frequency higher than the electronic band gap of a semi-conductor. Thereby, an electron is excited from a valence band (valence band) to a conduction band, and the operation which guides isolation electronic absorption is acquired. When such optical excitation is not impressed, the ingredient in a cavity is still transparent, and the structure is "ON."

It is a condition. At the time of impression of such [ on the contrary ] optical excitation, the ingredient in a cavity becomes absorptivity, and the structure is switched to "OFF" condition.

Instead of guiding absorption optically using an optical fiber point, a change-over can also be carried out mechanically. The same structure as what is shown in drawing 26 can be used. However, it is not necessary to use an absorptivity ingredient into a cavity in this case. When a fiber point is brought close to a cavity, the photon amplitude in a cavity can be leaked through a fiber point. This corresponds, when absorption by the ingredient exists. A filter is in "OFF" condition. When a fiber point keeps away from a cavity to it, a photon cannot be leaked through a fiber point. This corresponds, when absorption by the above-mentioned ingredient does not exist. A filter is in "ON" condition.

The absorptivity ingredient which can be adjusted is introduced into the joint element of the channel drop filter structure similar to what is shown in drawing 21 with other typical operation gestalten of this invention. Drawing 27 A and 27B are the top view showing a resonator system change-over / modulator CDF 2700, and a sectional view obtained along with a line 27-27, respectively. In CDF2700, the conventional channel bus 2702 and drop 2704 guided-wave guide which consist of a high dielectric material with the resonator system 2705 are used. With this operation gestalt, cavities 2710-2716 are formed by introducing a defective part into the periodic surface-wave type section 2717 of two dielectric fields 2706 and 2708 which form the resonator system located between a bus and a drop, and 2718. The guided wave guides 2706 and 2708 contain the guide layer 2720 and an enveloping layer 2722. Furthermore, electrodes 2724 and 2726 are arranged above cavities 2710 and 2712, respectively.

Unlike the two above-mentioned operation gestalten, the joint element of CDF2700 consists of four cavities. Two cavities (2710 and 2712) adjoin a bus guided wave guide, and other 2 cavities (2714 and 2716) adjoin a drop guided wave guide. The separate electrode is attached in each cavity with this specific operation gestalt. Since the electric excitation impressed to each electrode can be fluctuated independently, it is possible to control the absorption property of each cavity by this structure according to an individual. Thereby, a more complicated change-over function is attained as explained below.

When electric excitation does not exist in all four electrodes, like the above-mentioned, the ingredient in a cavity is transparent and a frequency channel is transmitted to a drop guided wave guide from a bus guided wave guide. Similarly this condition is equivalent to "ON" condition. By impressing electric excitation to all electrodes at coincidence, a transfer can turn OFF completely. As an alternative, a transfer can turn OFF also by impressing electric excitation only to two cavities of either cavities 2710 and 2712 or the cavities 2714 and 2716.

KONFIGYUA [ in addition to the function as the ON / an off switch for the transfer to another side from one guided wave guide / such the structure ] as a narrow-band reflector dynamically. The function can be attained by impressing electric excitation to three cavities. Three cavities are one side of cavities 2714 and 2716 and cavities 2710 and 2712. In this example, excitation is impressed to cavities 2710, 2712, and 2716. At the time of resonance, it joins together in a cavity 2714 and the electric wave spread in a bus guided wave guide is decreased along both directions only in a bus guided wave guide. An incoming wave cancels the attenuation amplitude to the forward direction in a bus guided wave guide, and leaves the electric wave reflected in hard flow. In order that this resonance may show the Lorentz linearity of a narrow-band, reflection is carried out only in a narrow frequency range. Therefore, this structure is switched so that it may function as a narrow-band reflector.

In addition with another typical operation gestalt of this invention, ON of a transfer and the structure switched to hard flow from the forward direction in a drop guided wave guide in a transfer are devised off. Drawing 28 is the top view showing the photograph nick crystal resonator system change-over / modulator CDF 2800 by this invention. CDF2800 contains the photograph nick crystal 2802 with which members, such as a rod 2804, a bus 2806, and a drop 2808, have been arranged periodically. It is thought that CDF2800 is the combination of the channel drop filter structure shown in drawing 3 and 8.

The joint element is constituted by three cavities. The first cavity 2810 consists of the rod which has a larger radius than all other rods, and supports the two resonance state which has opposite symmetric property.

Cavities 2812 and 2814 consist of the rod which has a radius smaller than other rods, respectively, and support the one resonance state. An electrode is attached in each cavity and electric excitation can be impressed now. When electric excitation is impressed to all three cavities, the transfer between a bus and a drop guided wave guide is turned OFF completely.

Although the ingredient in the first cavity 2810 is tintured with absorptivity when electric excitation is impressed only to the first cavity 2810, the ingredient in a cavity 2812 and 2814 is still transparence. Therefore, an optical signal is transmitted along the forward direction through cavities 2812 and 2814 in a drop guided wave guide.

Although the ingredient in a cavity 2812 and 2814 is tintured with absorptivity when electric excitation is impressed only to cavities 2812 and 2814, the ingredient in a cavity 2810 is still transparence. Thereby, a signal is transmitted along the hard flow of a drop guided wave guide through a cavity 2810. Therefore, by choosing electric excitation, it is also possible to switch a device so that an optical signal may be transmitted for a device along the forward direction or hard flow in a drop guided wave guide, ON and when being switched off.

Probably, it will be clear for this contractor to operate by the technique in which the above-mentioned operation gestalt is similar, when adding a channel to a data stream. When absorption does not exist, a frequency channel can be transmitted in a bus guided wave guide, and can be added to a data stream. At the time of existence of absorption, such a transfer is turned OFF on the contrary. An absorption induction change-over and a modulation can be further carried out with the structure of drawing 29 A and 29B.

Drawing 29 A and 29B are the top view showing a guided wave guide change-over / modulator 2900, and a sectional view obtained along with a line 29-29, respectively. The guided wave guide 2901 contains the elements 2902, such as a series of holes prepared periodically. The resonance very small cavity 2904 is introduced into a guided wave guide by interrupting the periodicity of an element 2902. The internal quality factor of a cavity can be fluctuated with electric, optical, or different means, such as a mechanical means. With this specific operation gestalt, an internal quality factor is influenced by the electric means. The absorptivity ingredient is introduced into the very small cavity. By attaching an electrode 2906 and a buffer layer 2908 in a cavity, the absorption property can be changed now by electric excitation.

When electric excitation does not exist, the ingredient in a cavity is transparent. When separated from resonance frequency, a signal is reflected by the periodic train of a hole. To it, with resonance frequency, it joins together and an incoming wave resonates (couples into the resonance). Therefore, the reflected signal is constituted by two parts of the direct reflection from a hole, and the attenuation amplitude from resonance along the hard flow of a guided wave guide. These two parts of each other are canceled and the signal transmitted remains. The result of such finite difference time amount domain simulation of the very small cavity structure is shown in the graph of drawing 30 A and 30B. Drawing 30 A and 30B show the reflection and the transmission spectrum at the time of "ON" condition of the change-over modulator structure shown in drawing 29 A and 29B which were normalized. A transmission spectrum expresses the Lorentz linearity and has the quality factor of 1500.

On the other hand, at the time of impression of electric excitation, the resonance in a cavity becomes an invalid. When an internal quality factor is close to 100, a response spectrum is computed as shown in drawing 31 A and 31B using the approach of Hamilton mentioned above. Drawing 31 A and 31B show the reflection and the transmission spectrum at the time of "OFF" condition of the change-over modulator structure shown in drawing 29 A and 29B which were normalized. Transmission is turned OFF nearly completely and most signals are reflected in coincidence. Therefore, this device enables the change-over between transmission and reflection.

It succeeds in the above-mentioned explanation in order to illustrate this invention, and it does not mean imposing limitation. For a certain reason, the range of this invention should be limited by only an attached claim and its equivalent that this contractor hits on an idea of deformation of the above-mentioned operation gestalt which incorporated the pneuma and parenchyma of this invention.

The following is charged. :

---

[Translation done.]



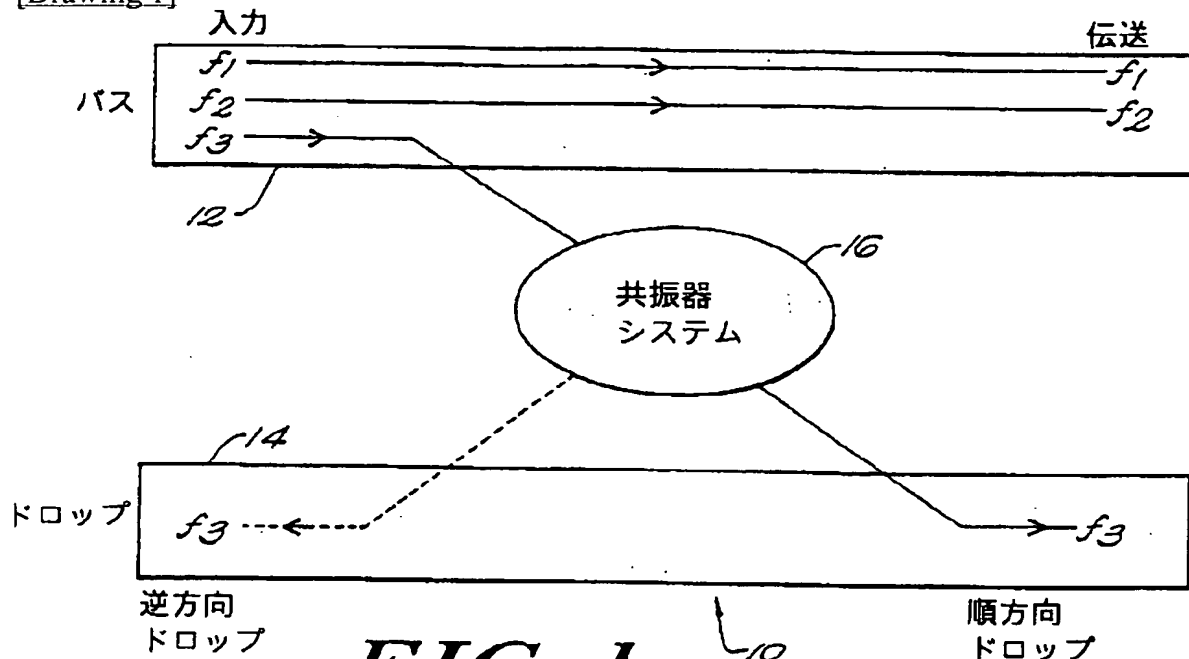
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

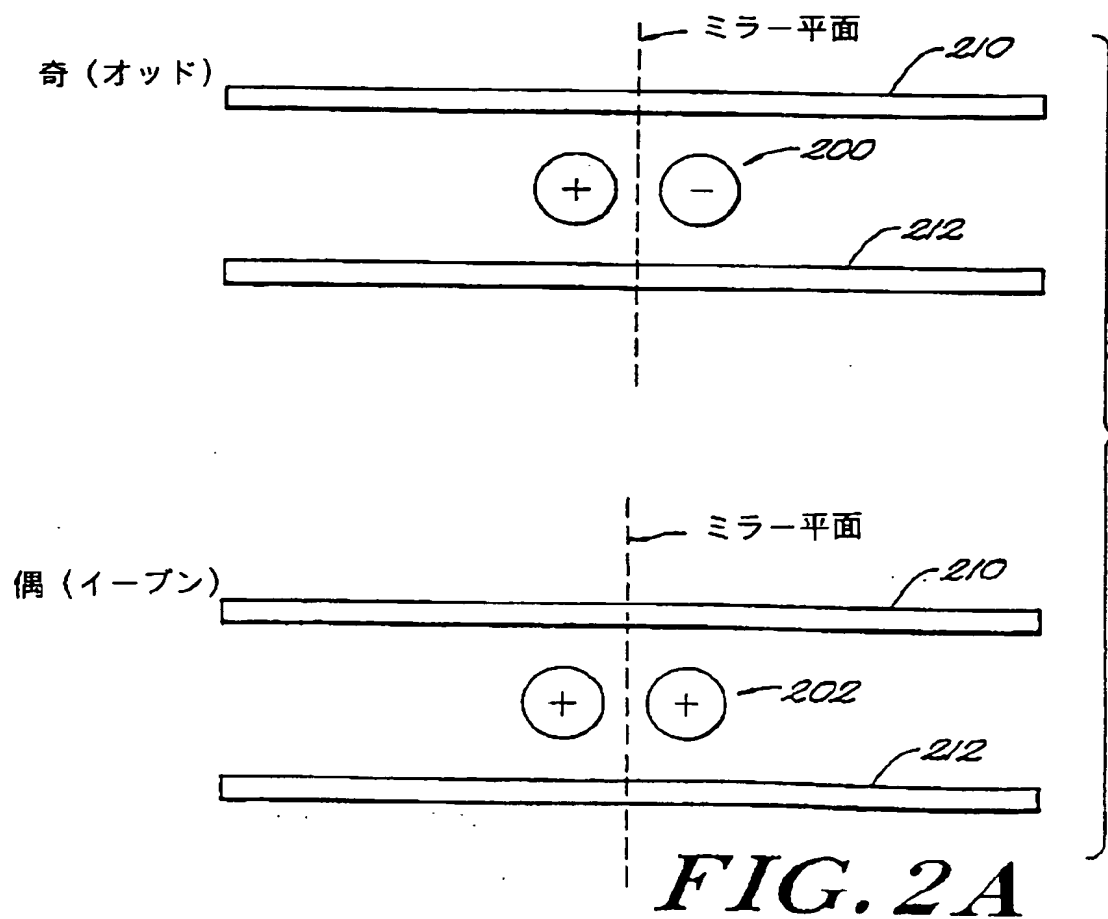
## DRAWINGS

[Drawing 1]

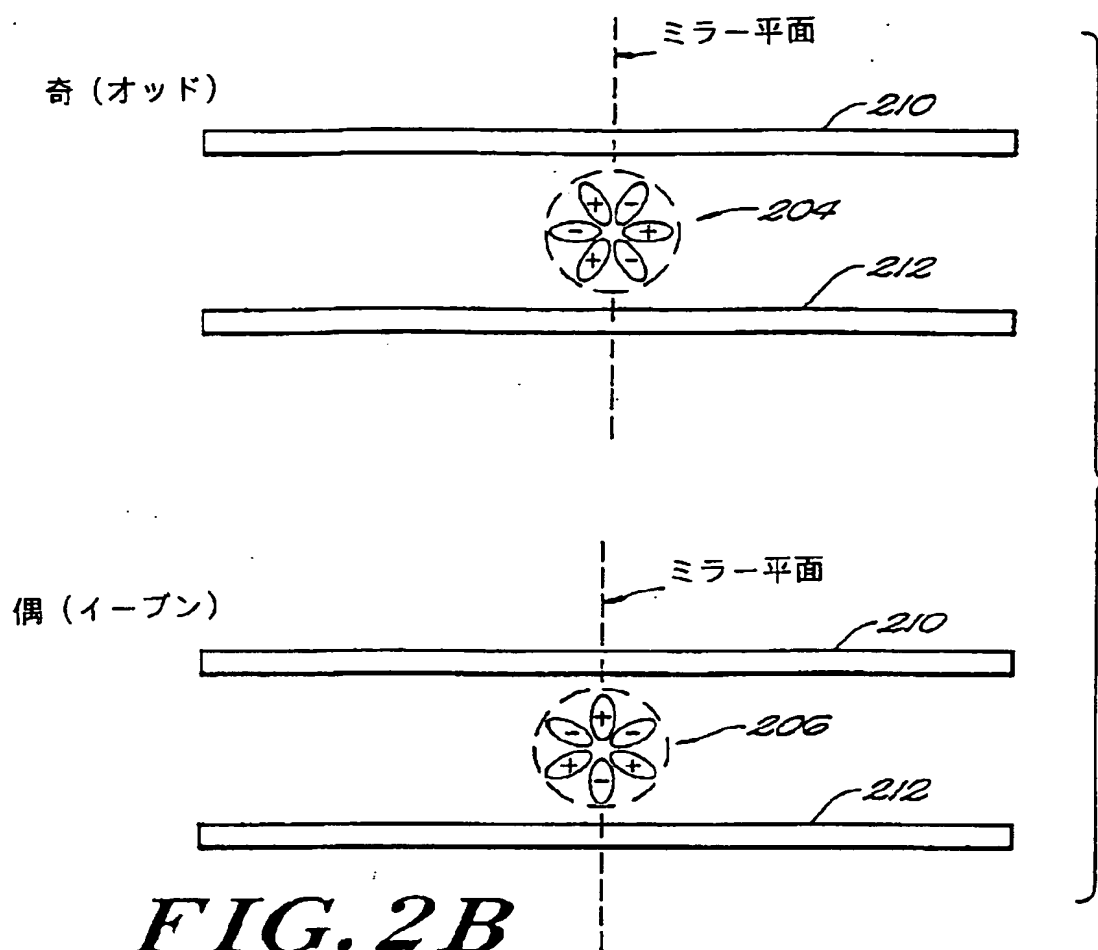


[Drawing 2]

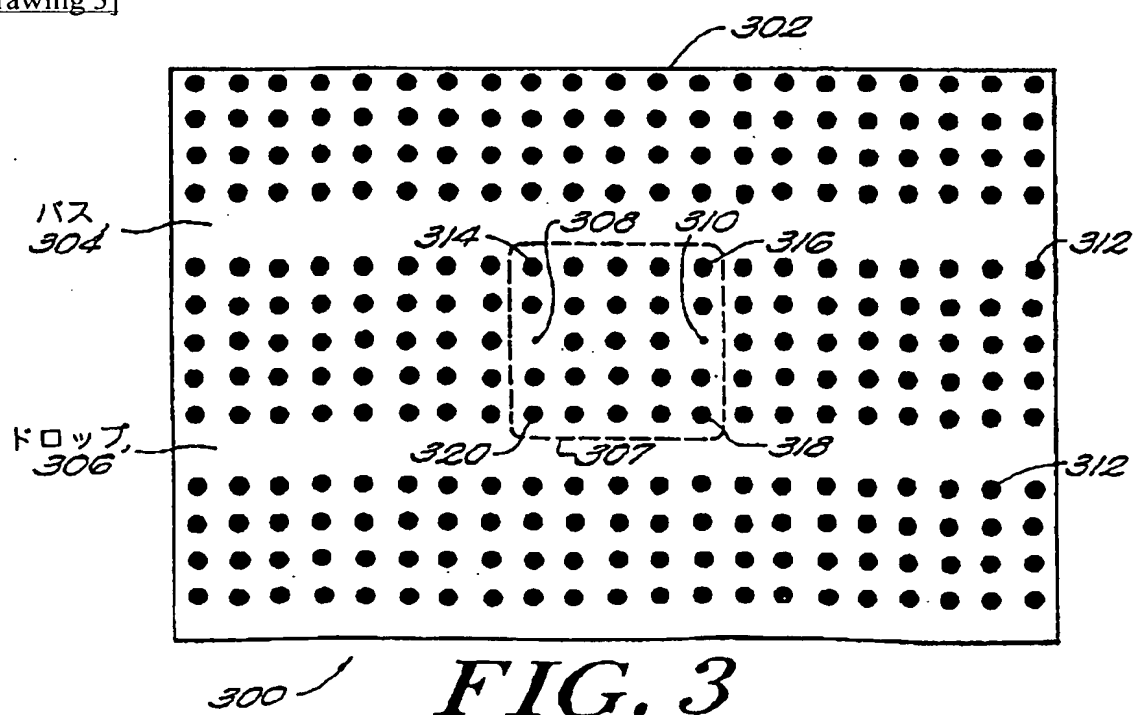




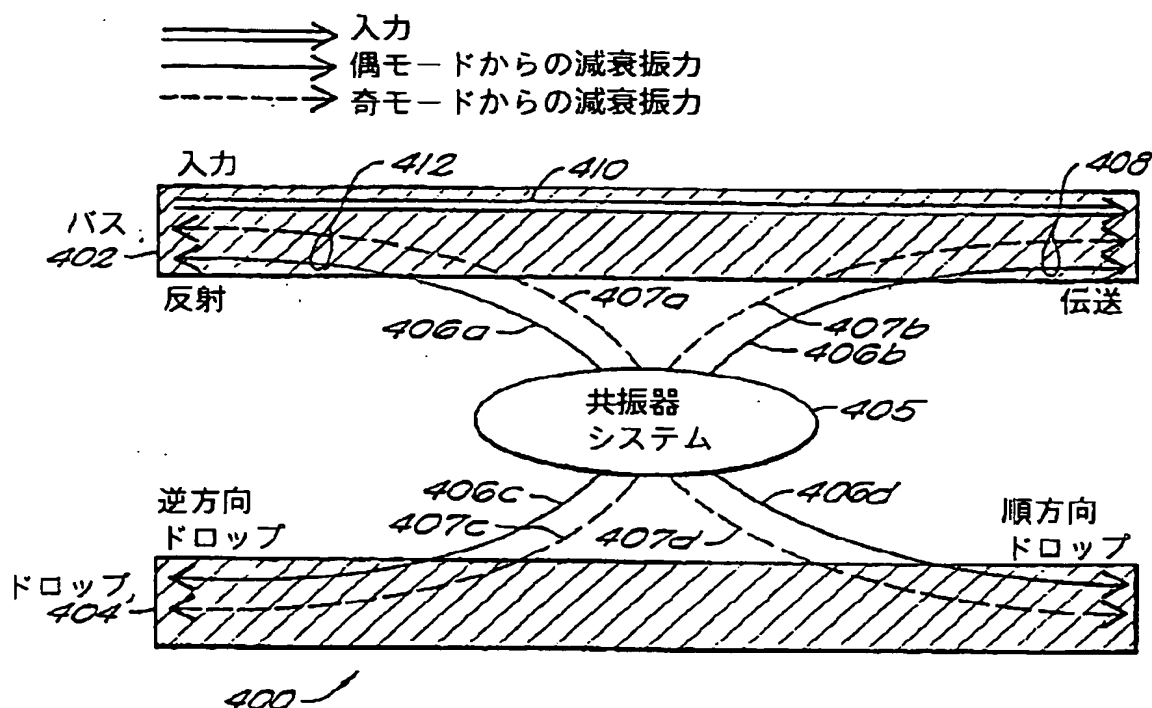
[Drawing 2]



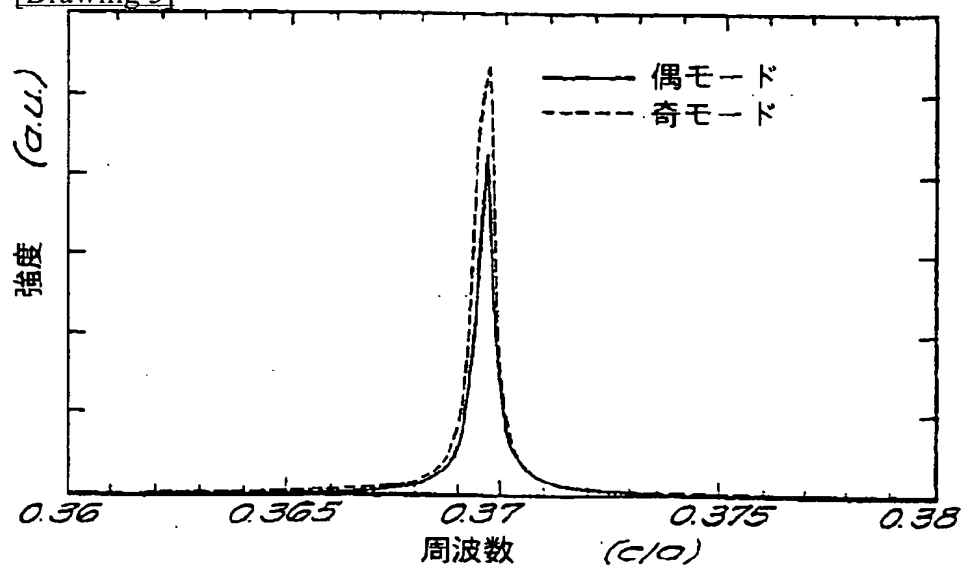
[Drawing 3]



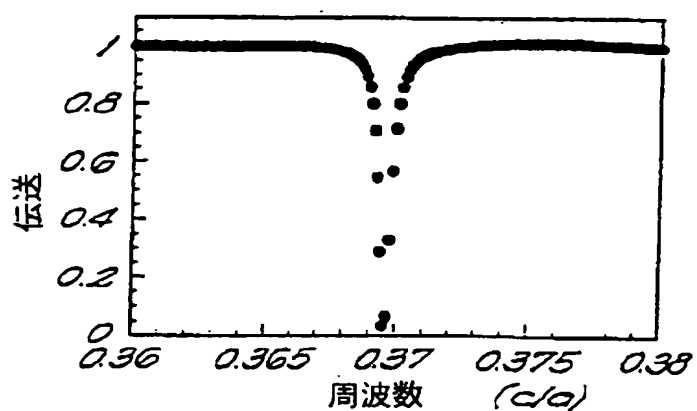
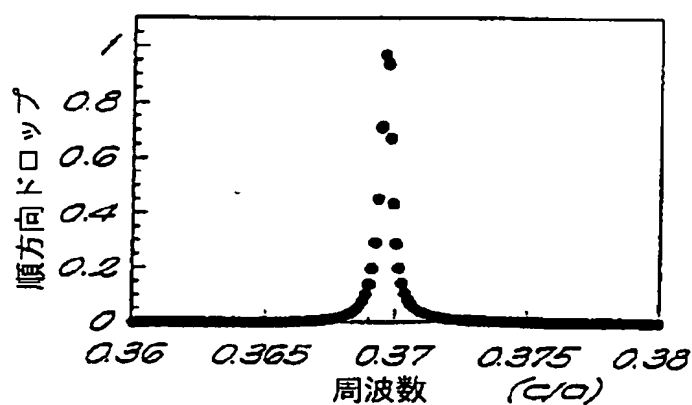
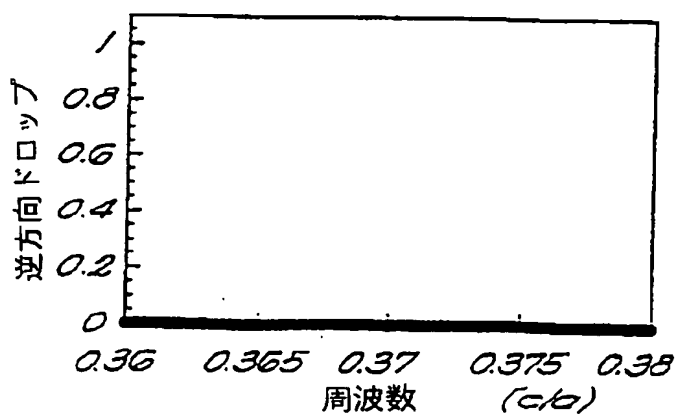
[Drawing 4]

**FIG. 4**

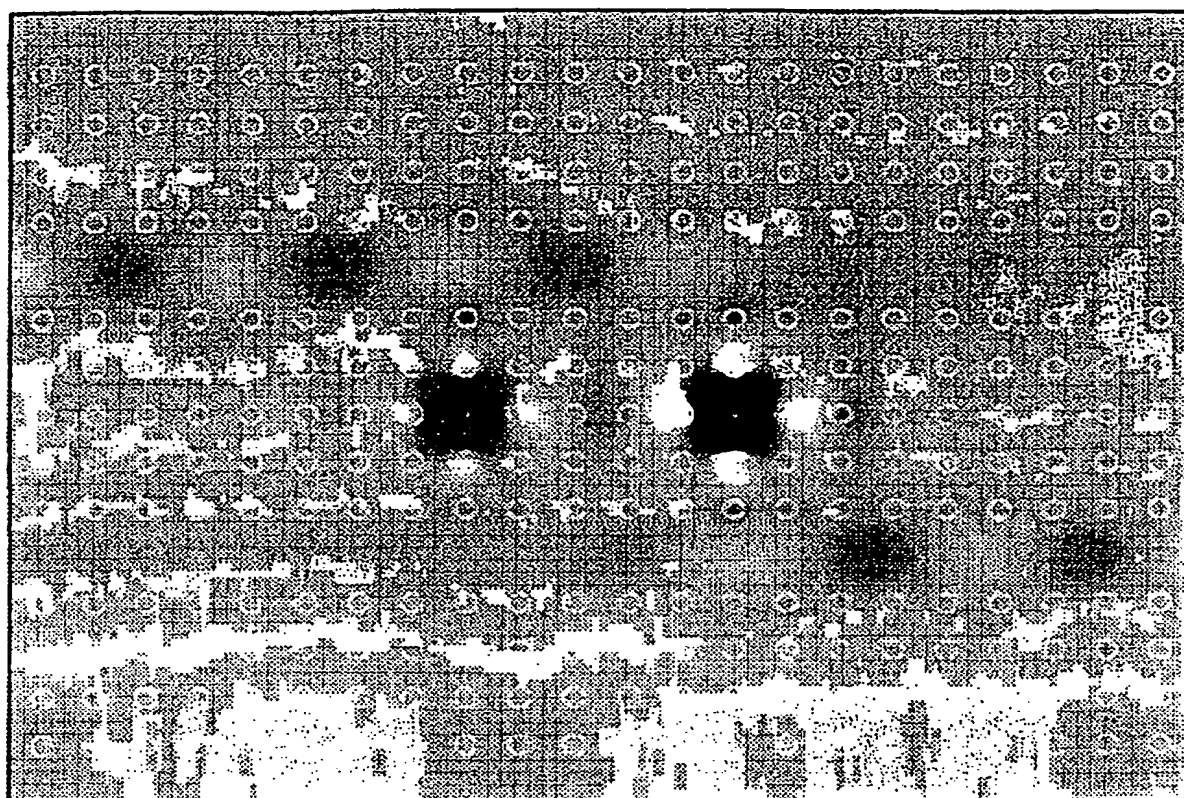
[Drawing 5]

**FIG. 5**

[Drawing 6]

**FIG. 6A****FIG. 6B****FIG. 6C**

[Drawing 7]



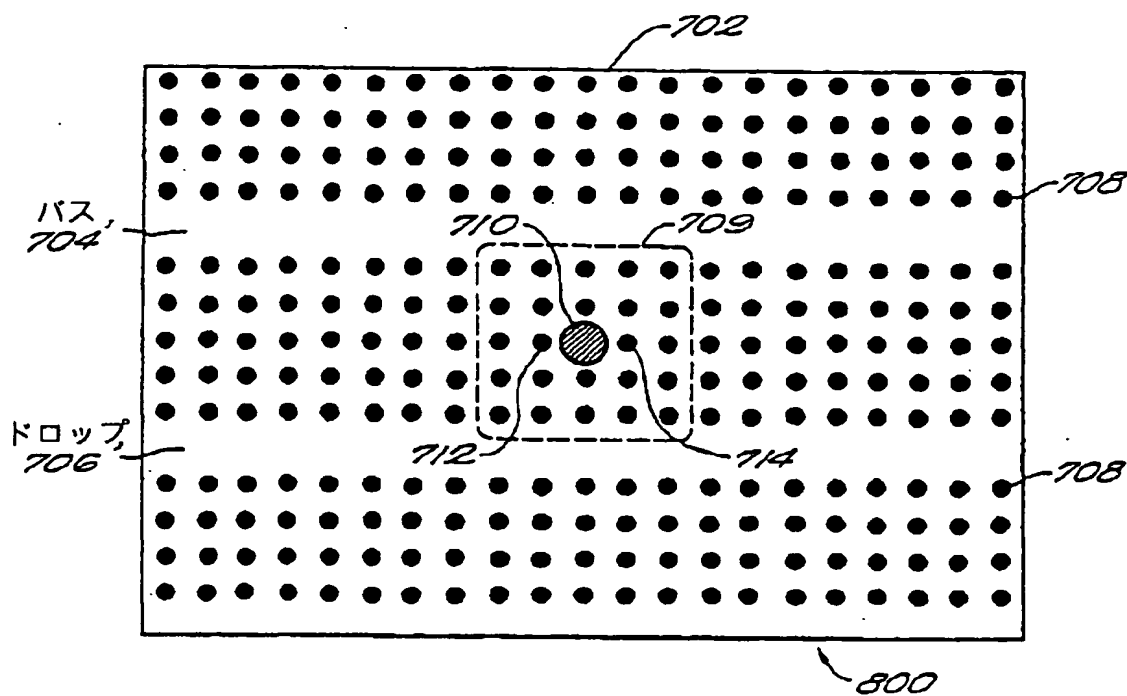
-最大

0

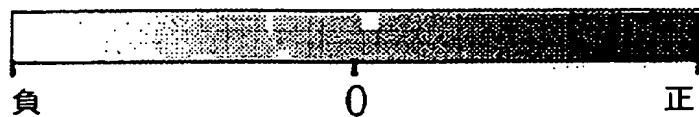
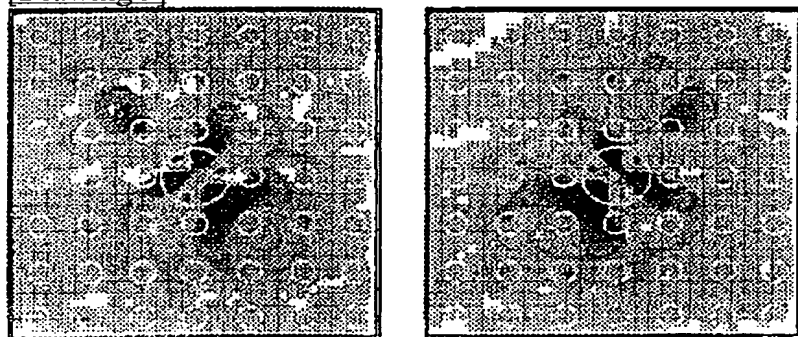
最大

***FIG. 7***

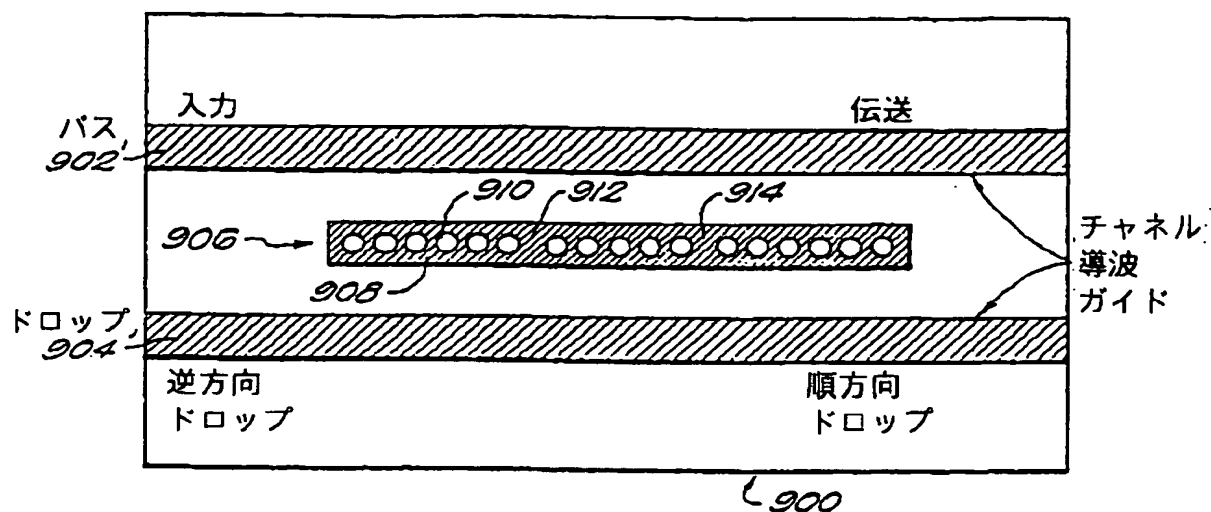
[Drawing 8]

**FIG. 8**

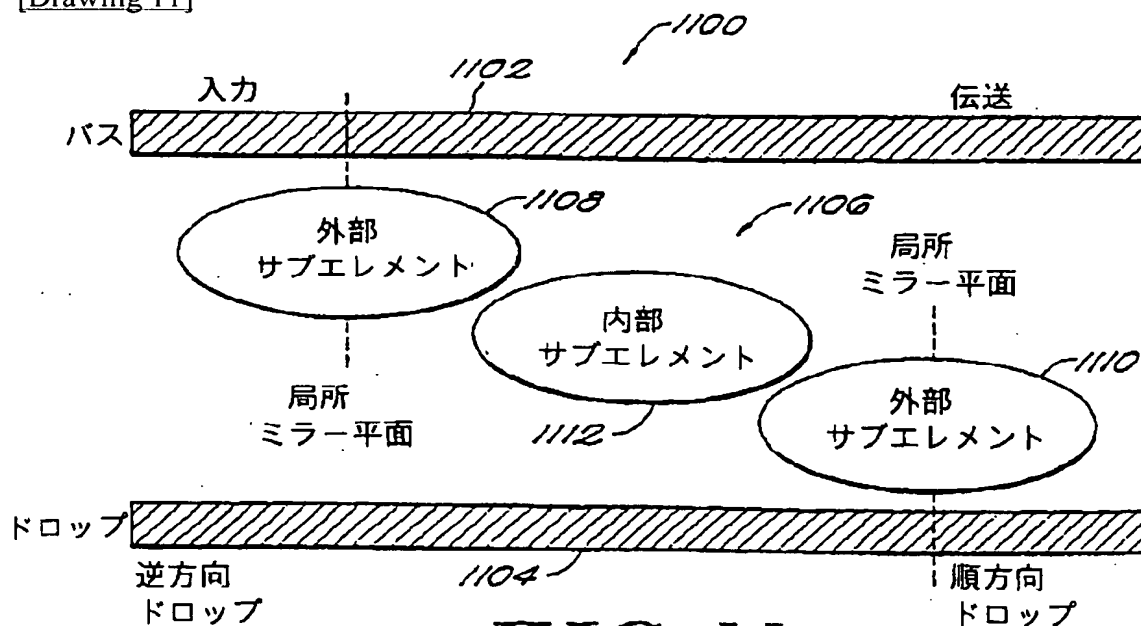
[Drawing 9]

**FIG. 9**

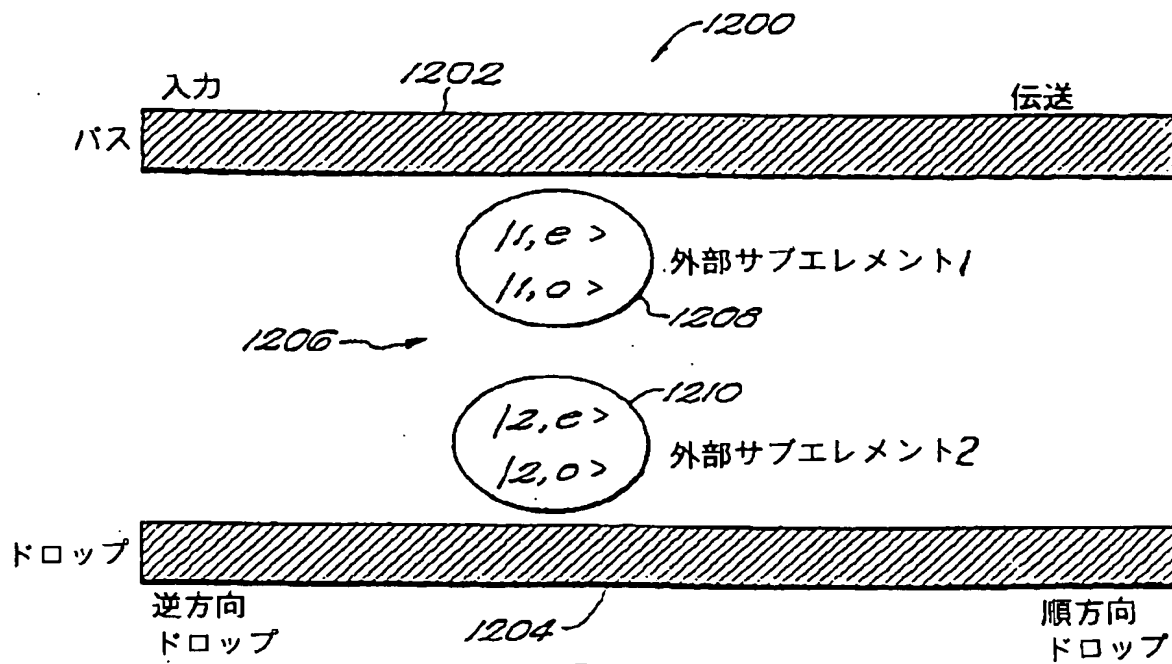
[Drawing 10]

**FIG. 10**

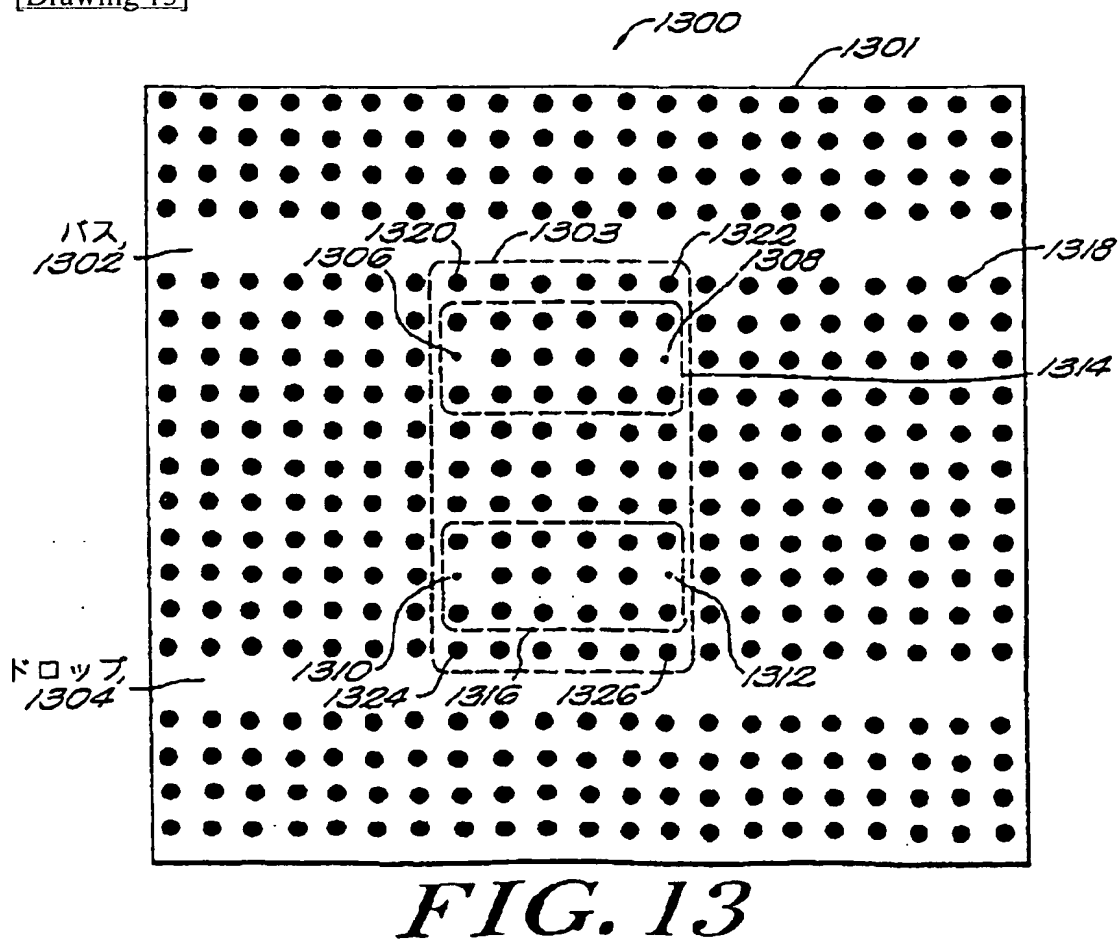
[Drawing 11]

**FIG. 11**

[Drawing 12]

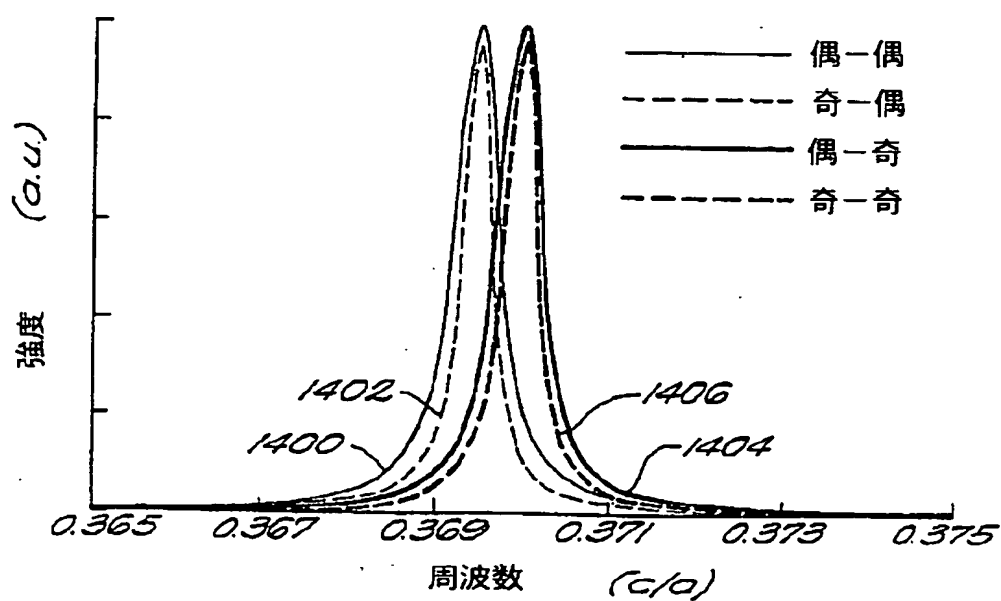


[Drawing 13]

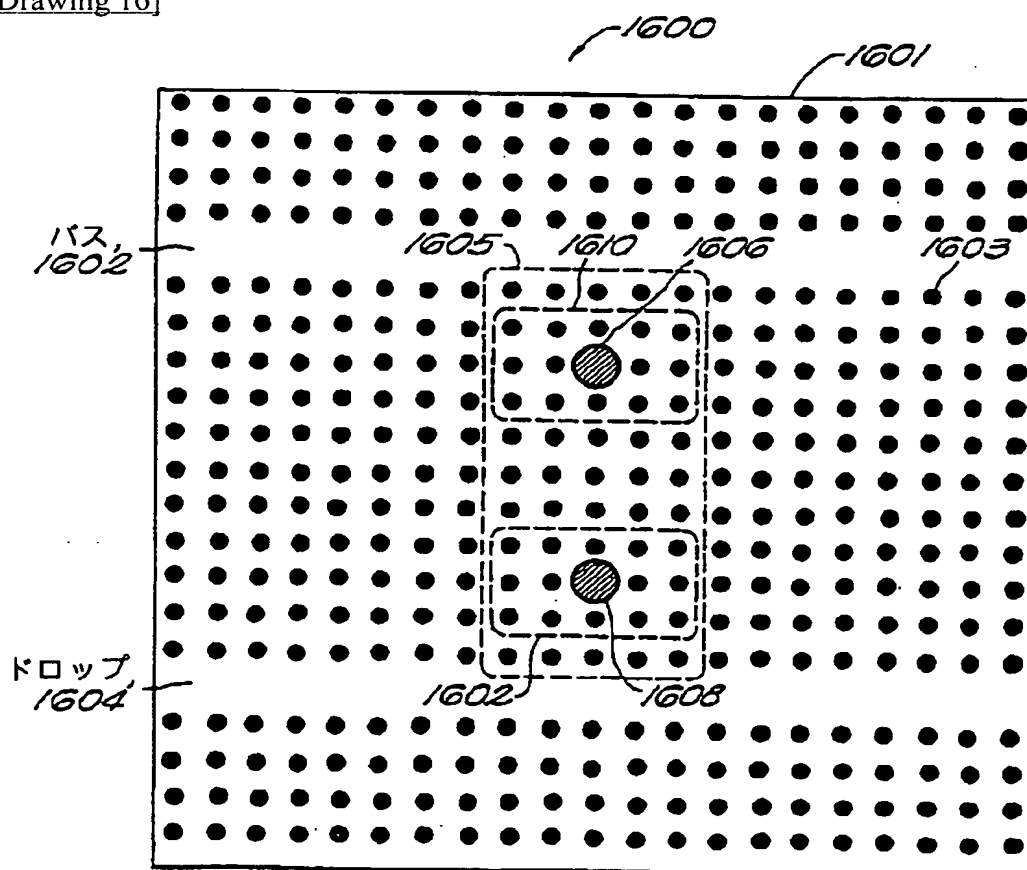


[Drawing 14]

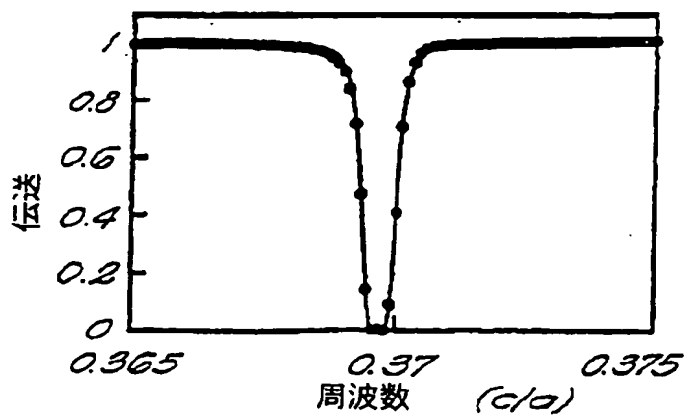
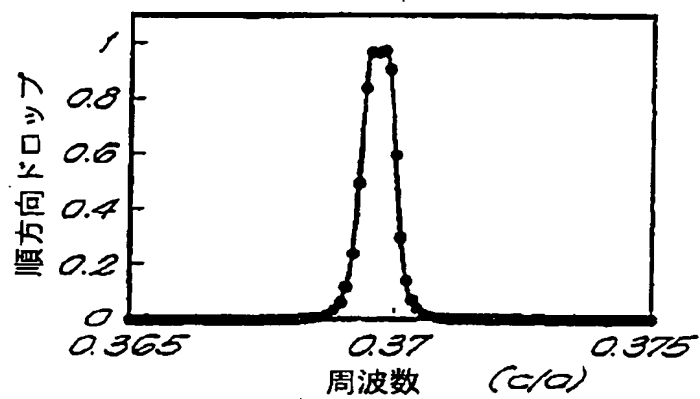
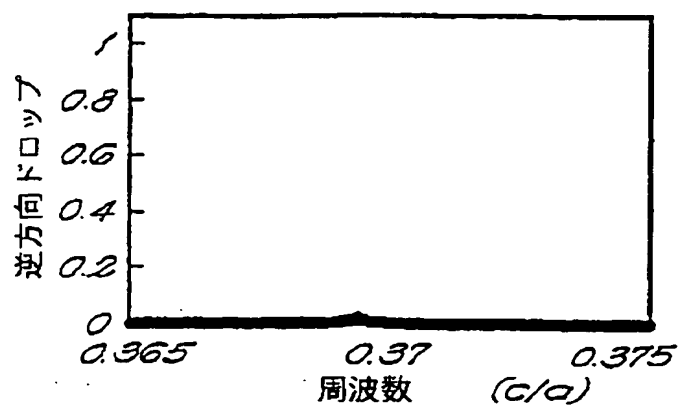


**FIG. 14**

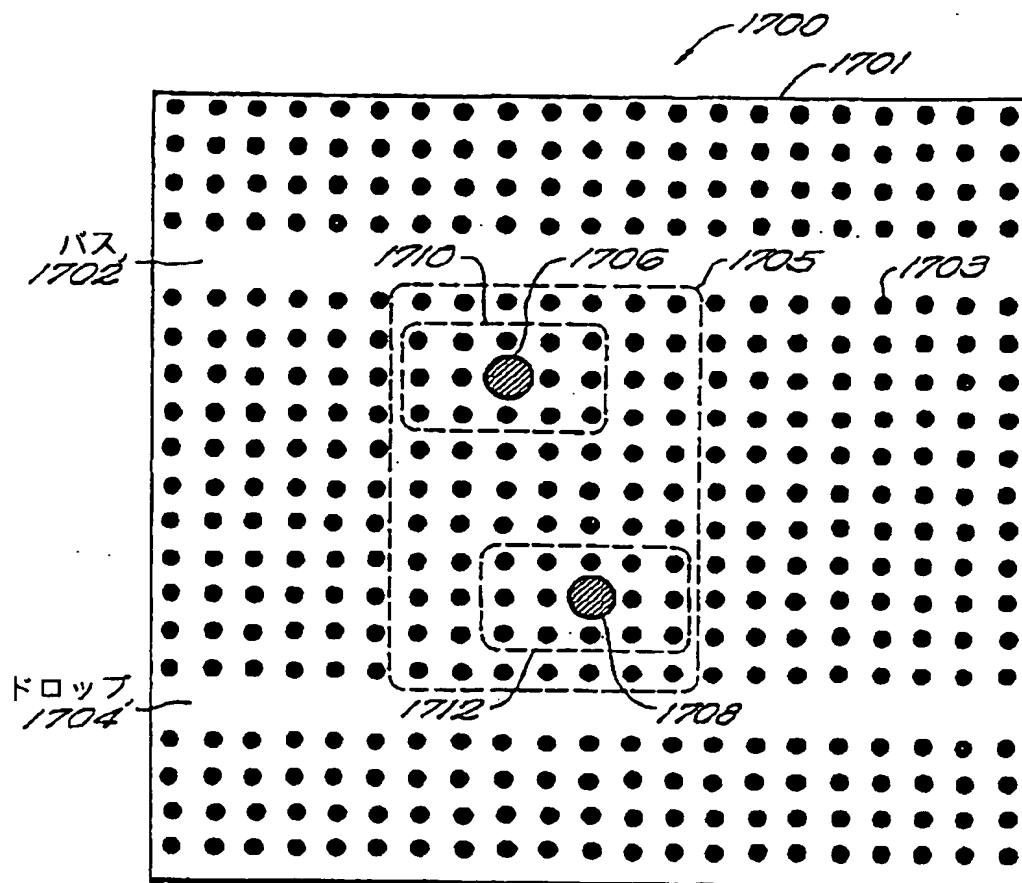
[Drawing 16]

**FIG. 16**

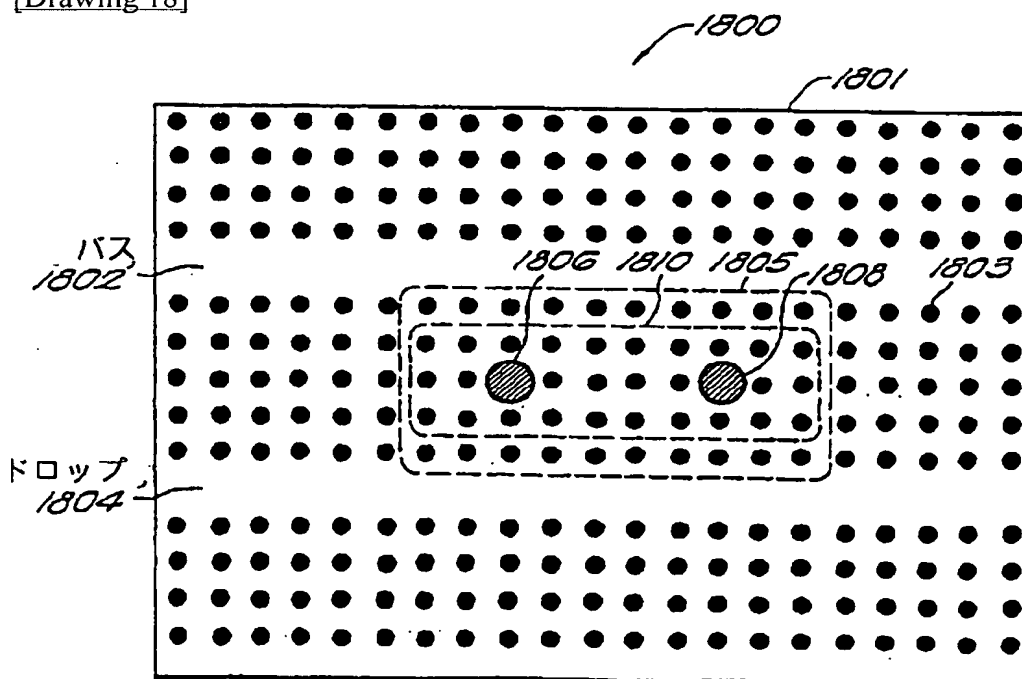
[Drawing 15]

**FIG. 15A****FIG. 15B****FIG. 15C**

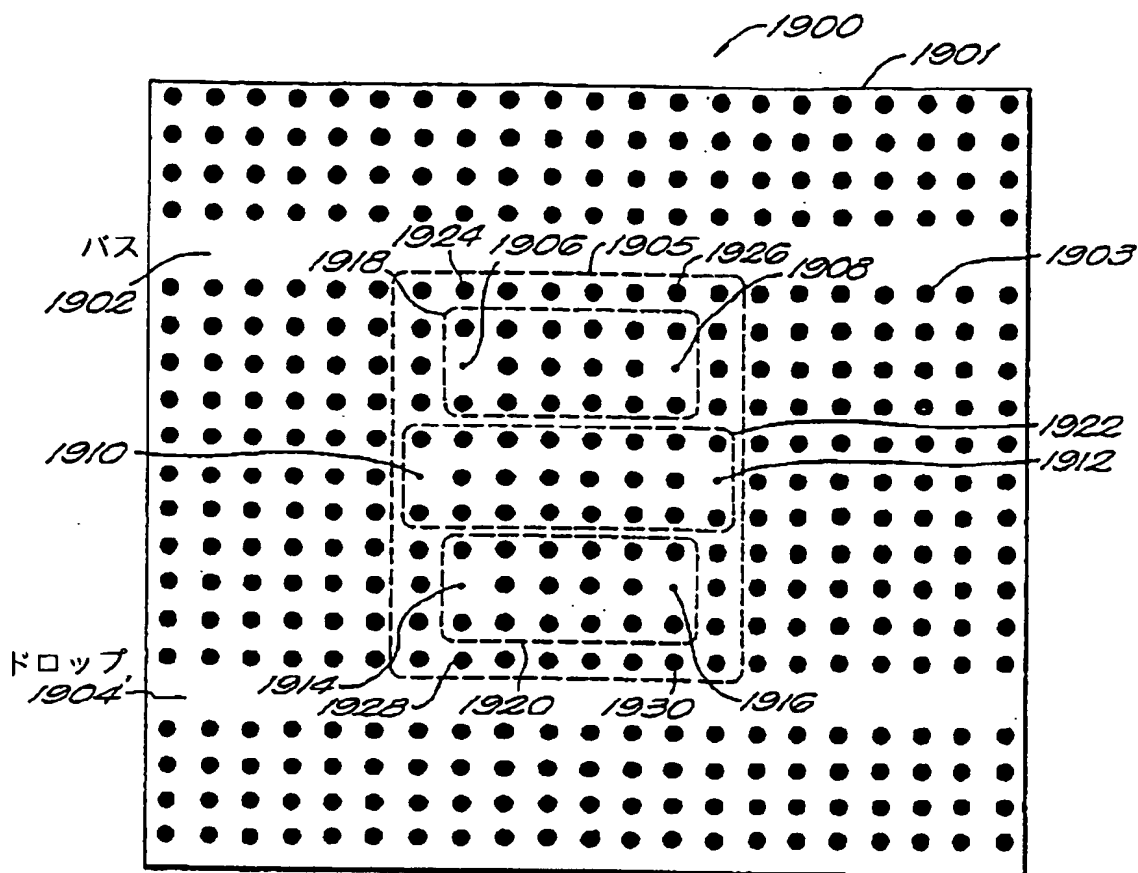
[Drawing 17]

**FIG. 17**

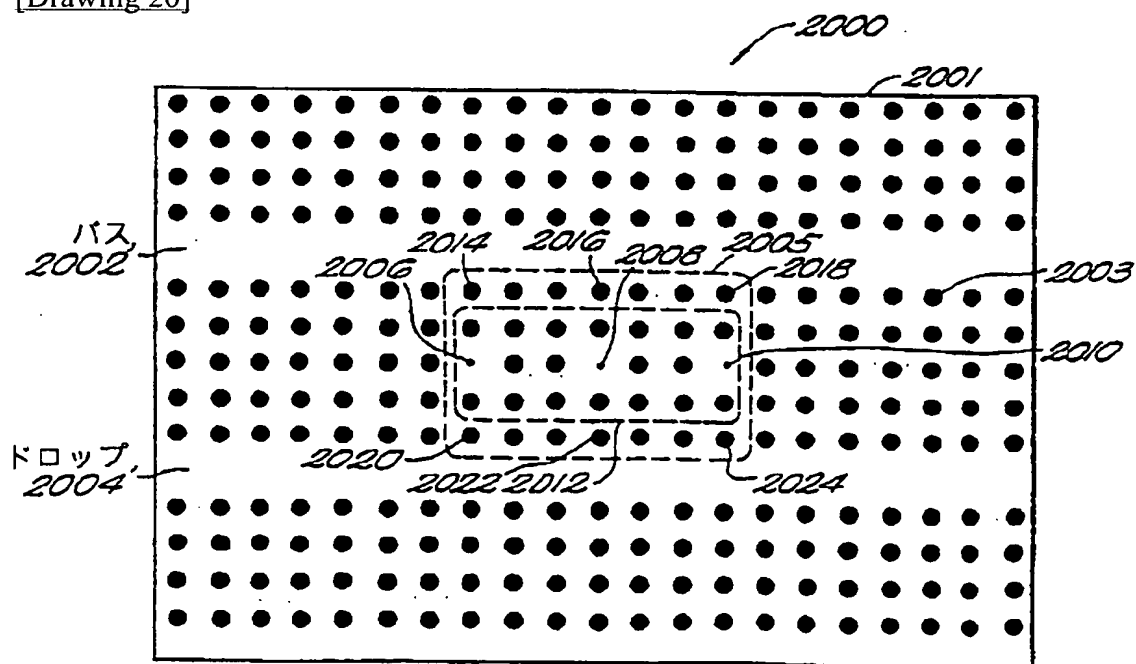
[Drawing 18]

**FIG. 18**

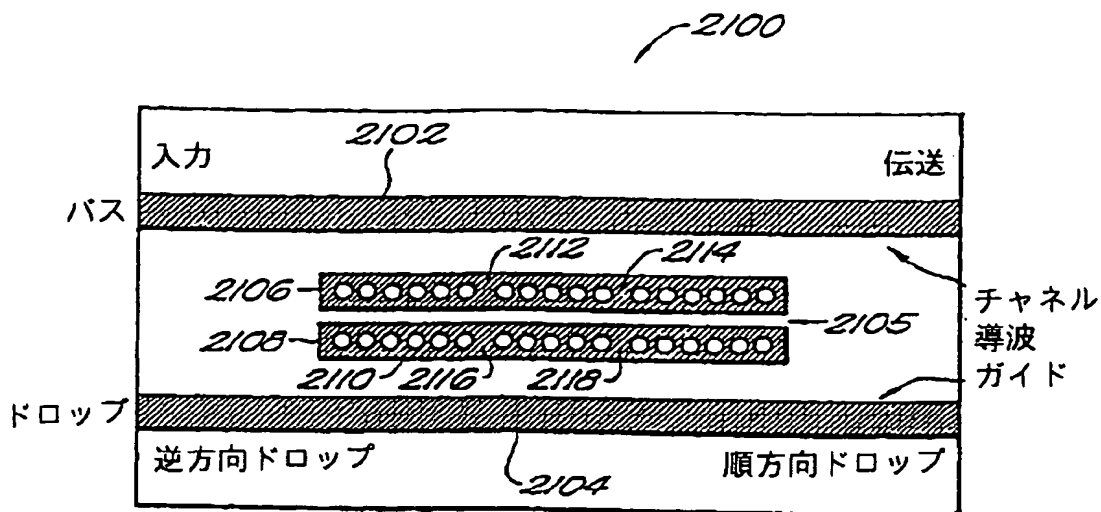
[Drawing 19]

**FIG. 19**

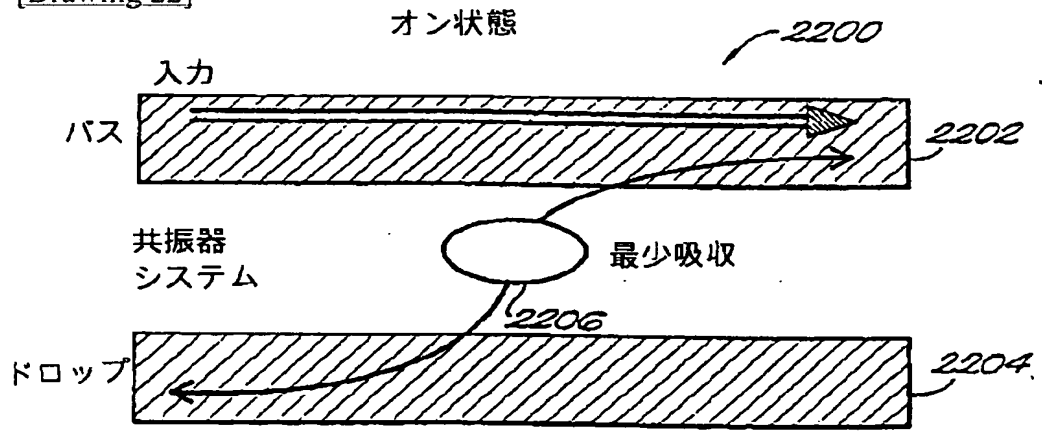
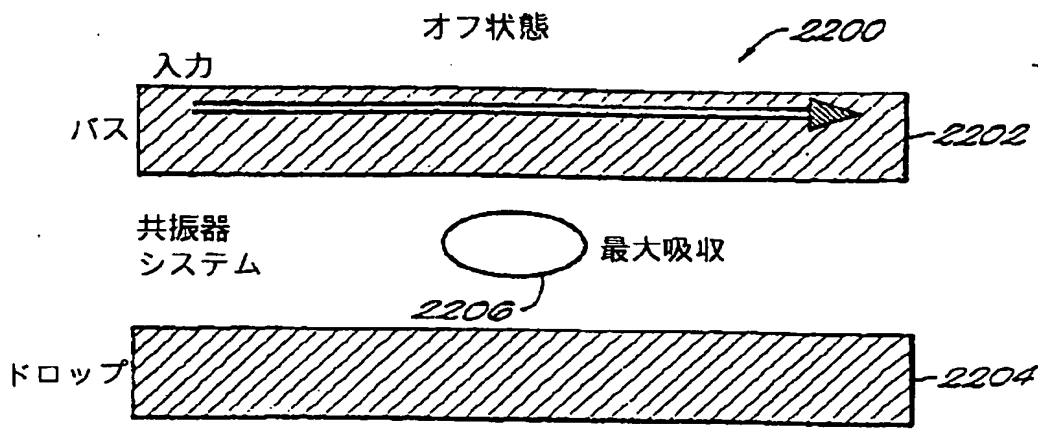
[Drawing 20]

**FIG. 20**

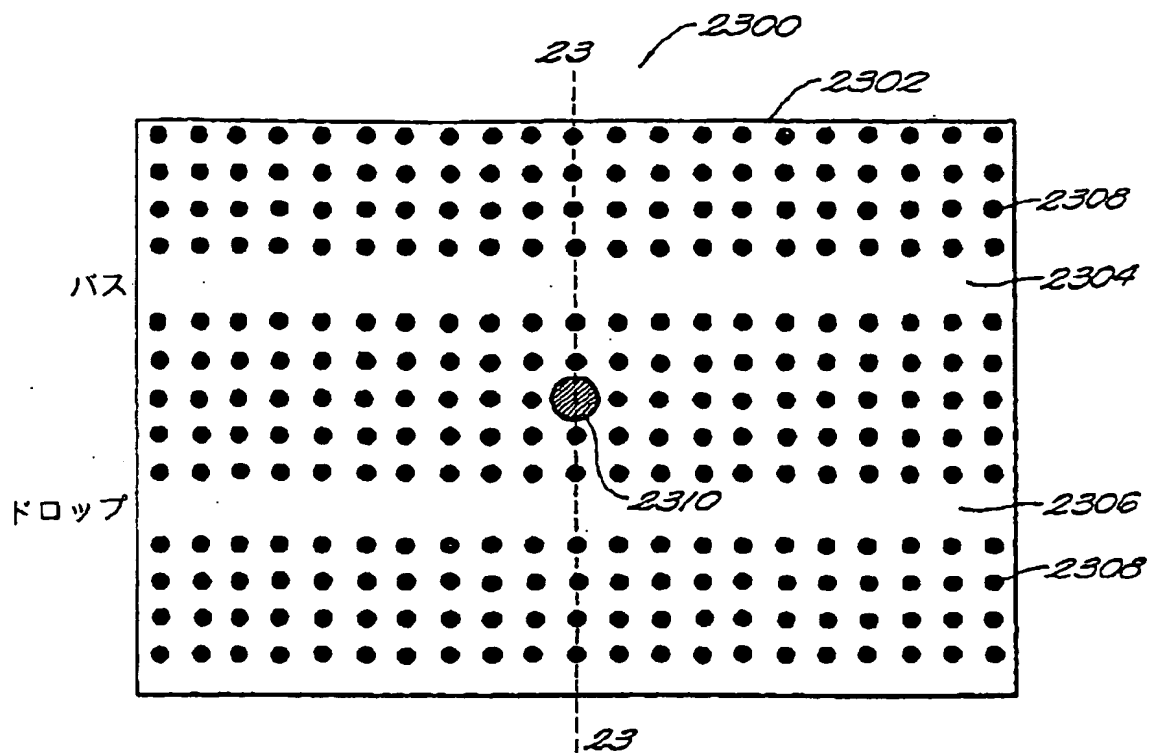
[Drawing 21]

**FIG. 21**

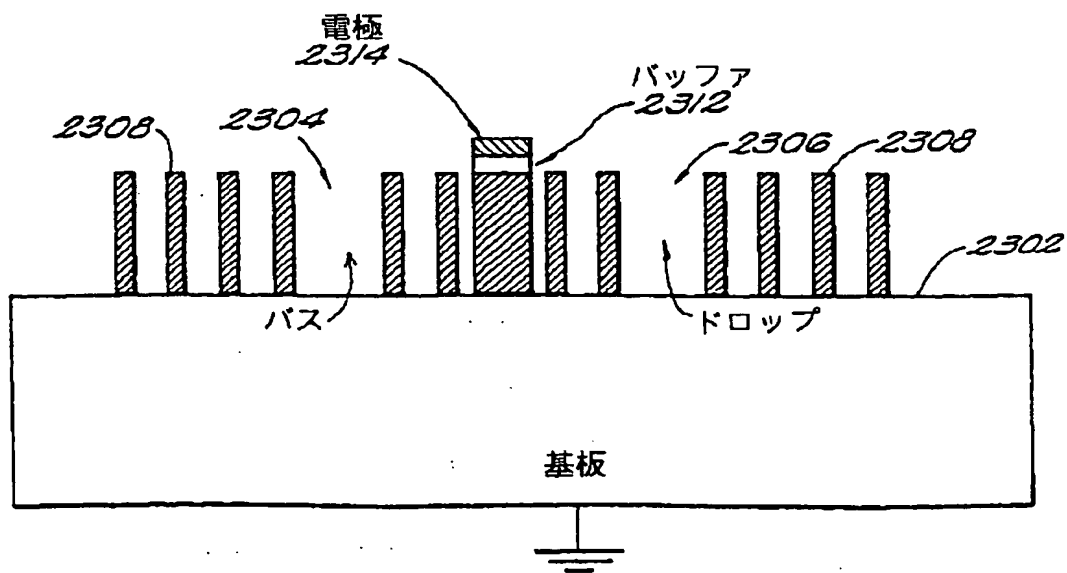
[Drawing 22]

**FIG. 22A****FIG. 22B**

[Drawing 23]

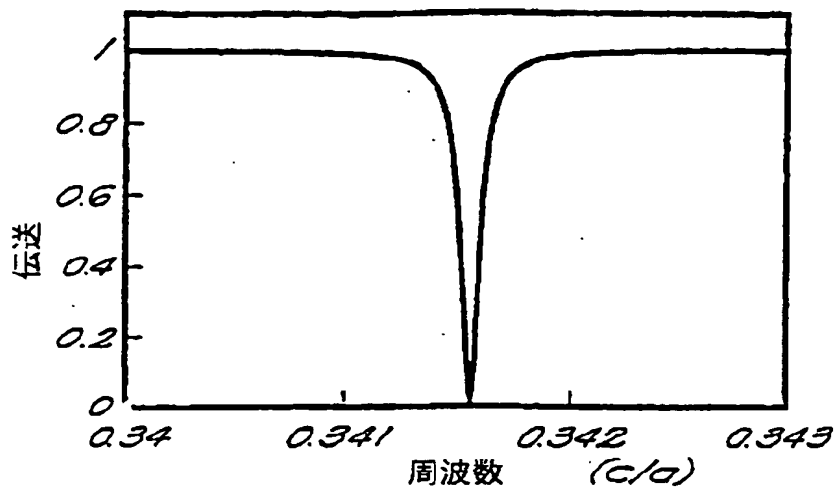
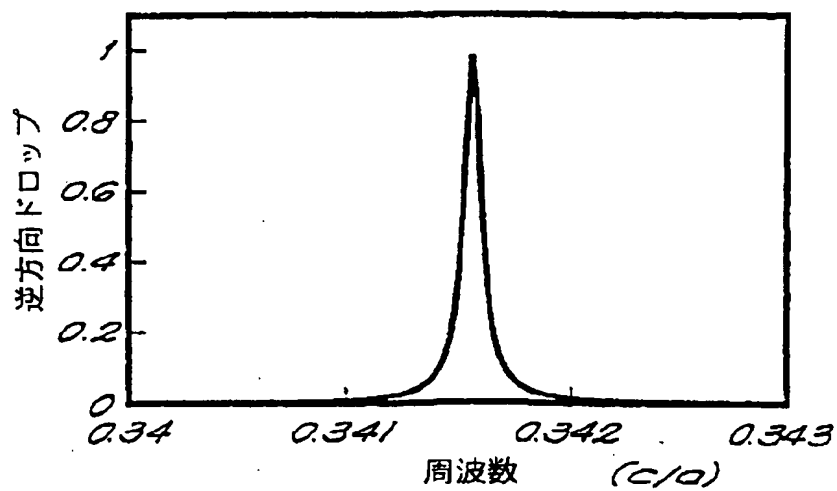


**FIG. 23A**

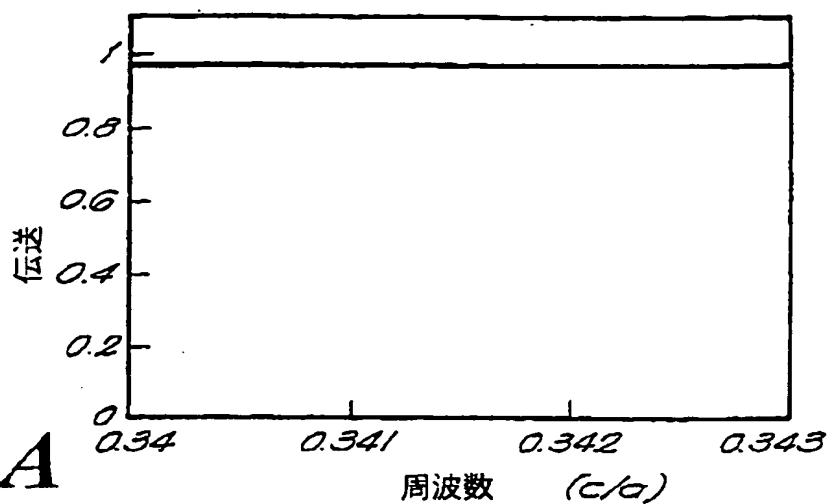
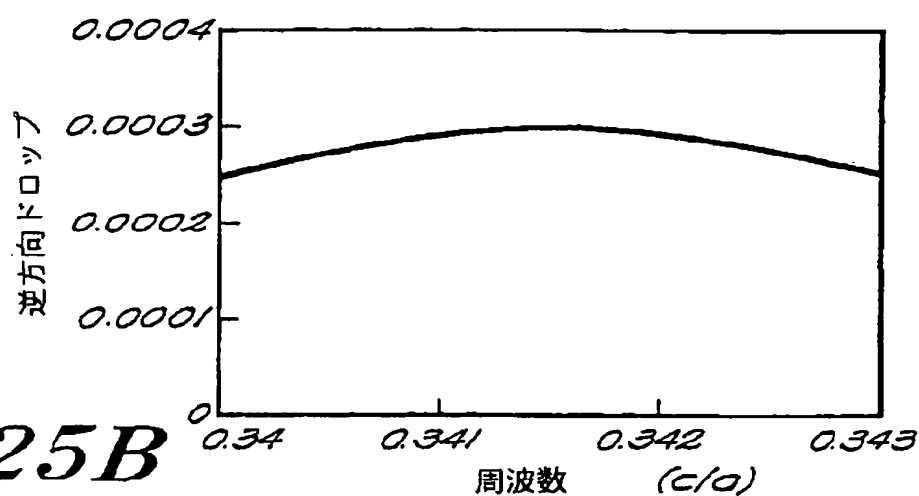


**FIG. 23B**

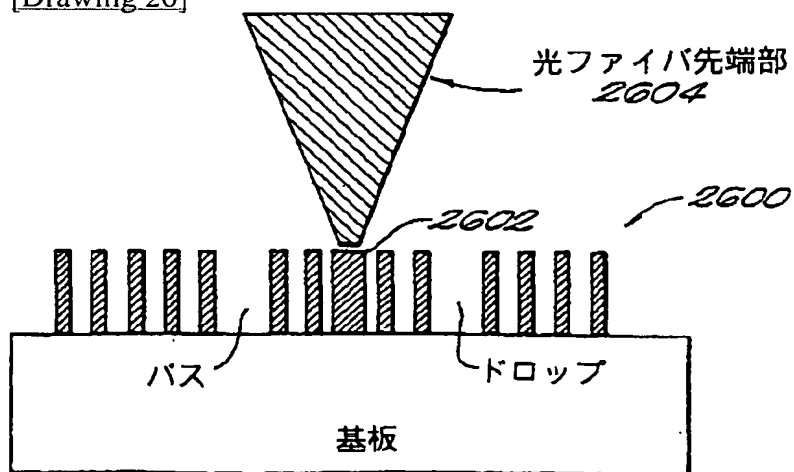
[Drawing 24]

**FIG. 24 A****FIG. 24 B**

[Drawing 25]

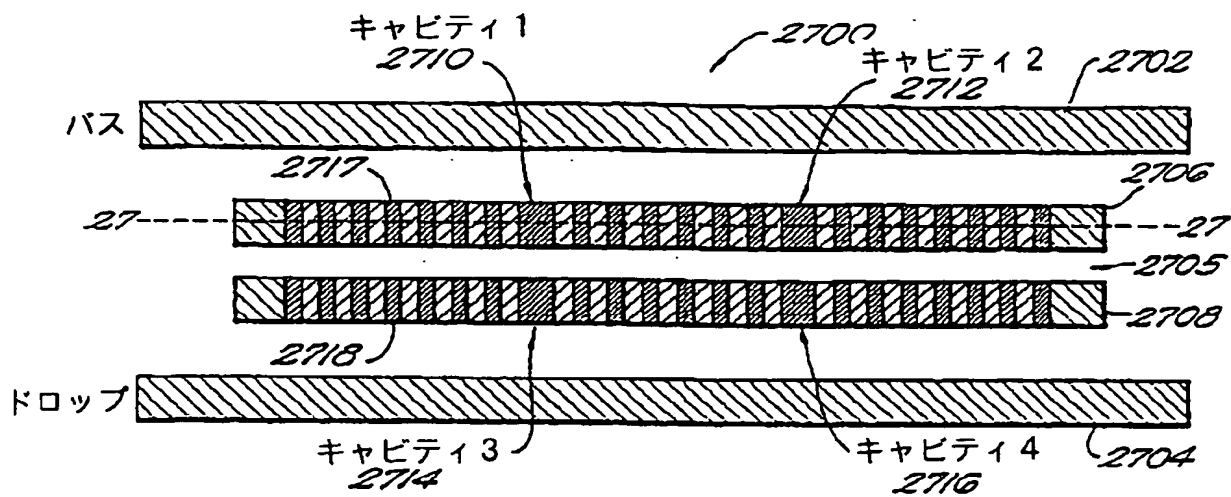
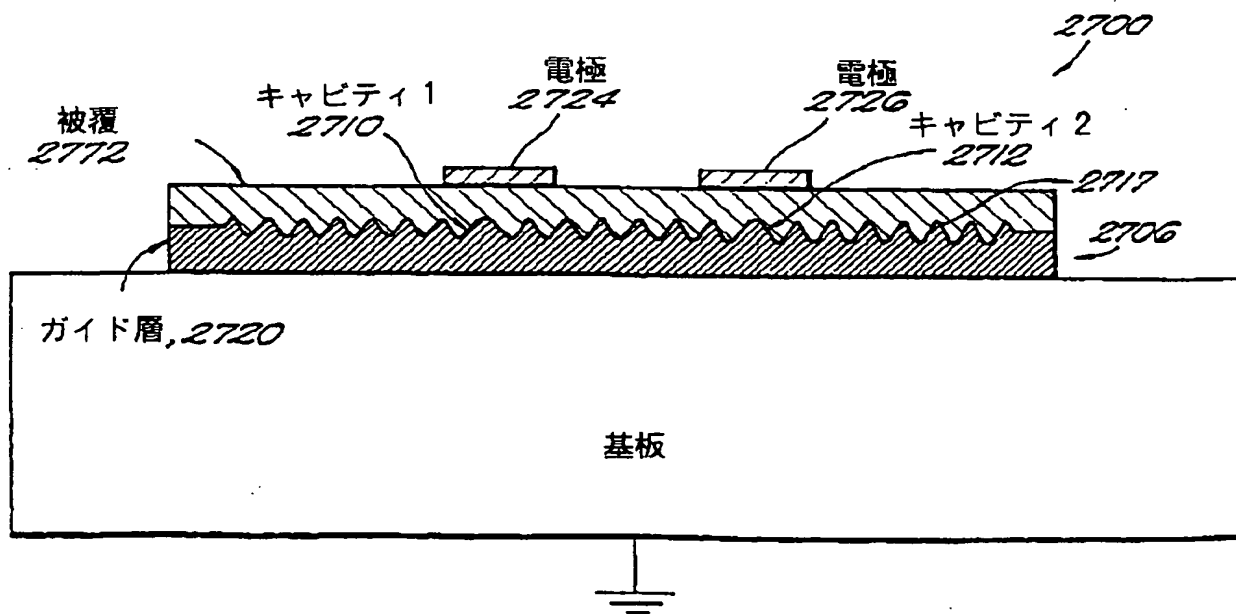
**FIG. 25A****FIG. 25B**

[Drawing 26]

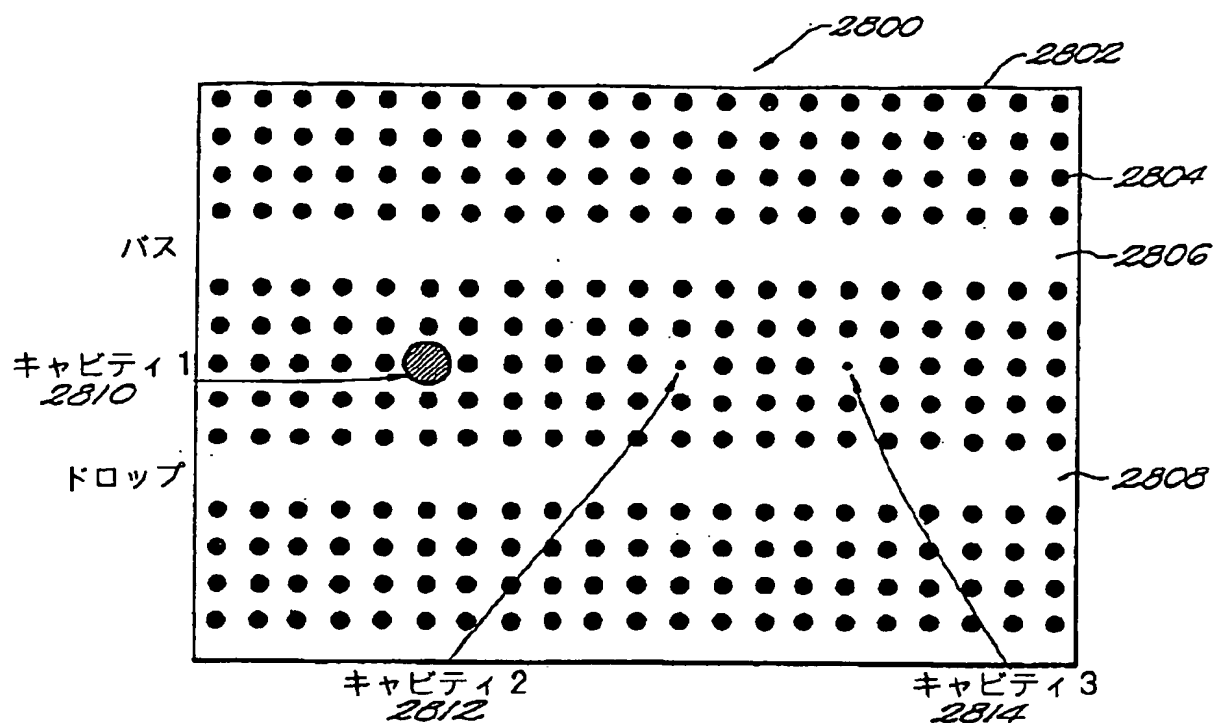
**FIG. 26**

[Drawing 27]

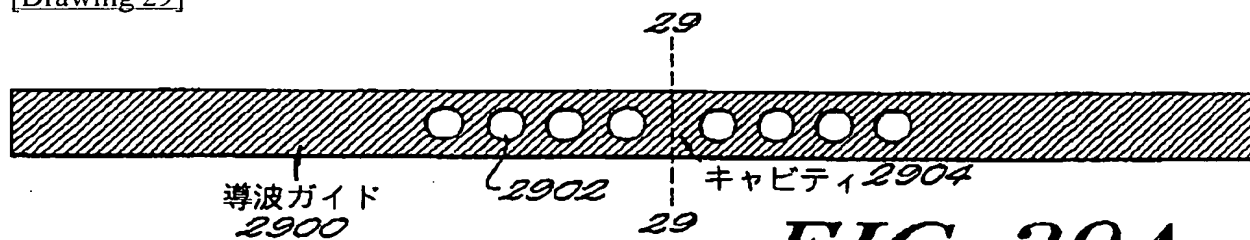
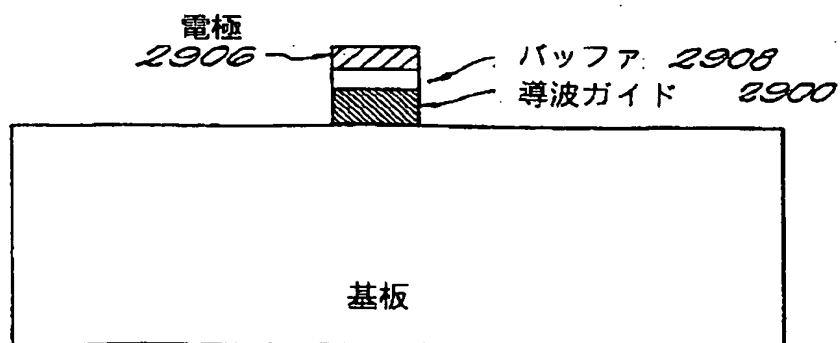


**FIG. 27A****FIG. 27B**

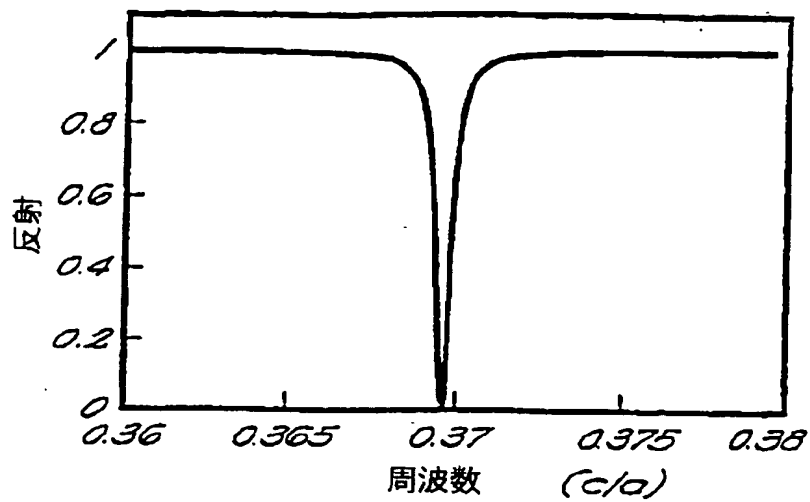
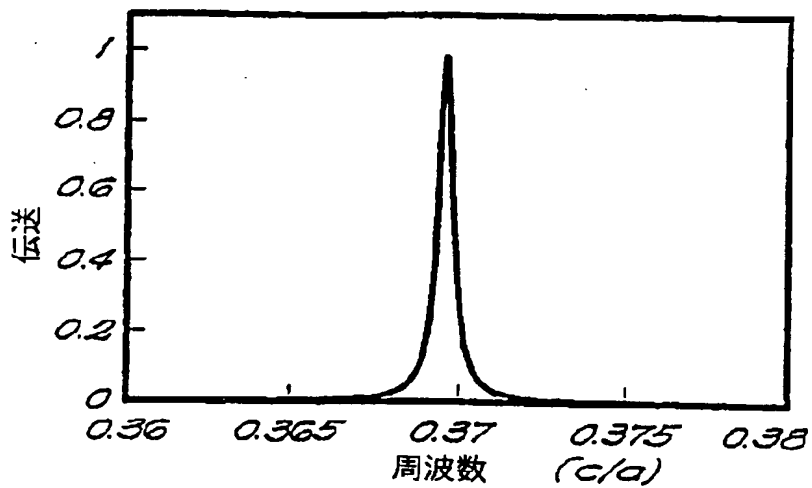
[Drawing 28]

**FIG. 28**

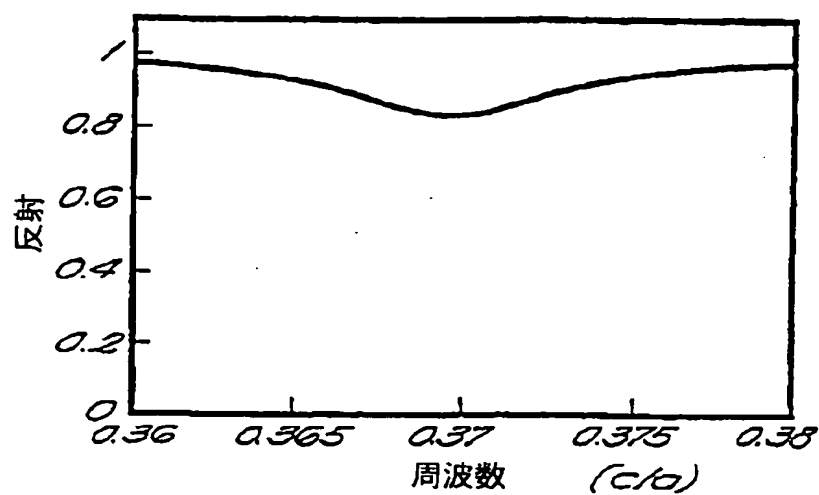
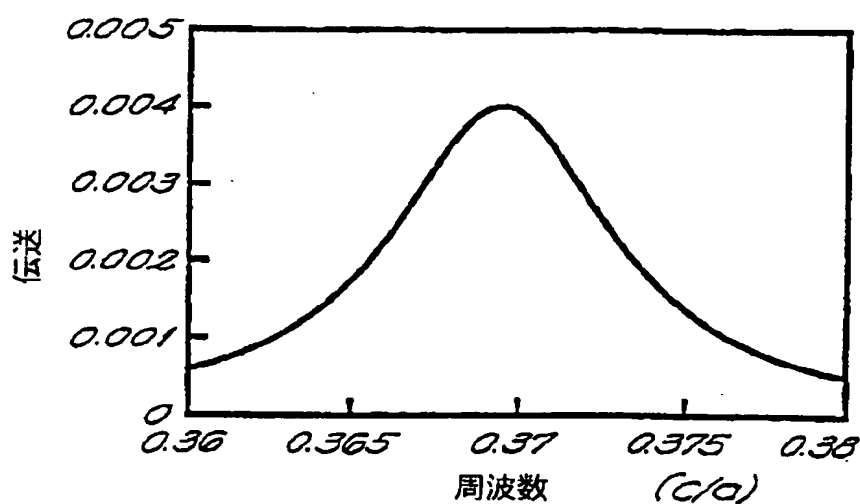
[Drawing 29]

**FIG. 29A****FIG. 29B**

[Drawing 30]

**FIG. 30A****FIG. 30B**

[Drawing 31]

**FIG. 31A****FIG. 31B**

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**WRITTEN AMENDMENT**

---

[Procedure revision]

[Filing Date] December 28, Heisei 11 (1999. 12.28)

[Proposed Amendment]

**CLAIMS**

1. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter,

A signal with at least one frequency containing at least one frequency of choice is transmitted.

The input guided wave guide to carry out,

Output guided wave guide,

It is combined between said input guided wave guide and an output guided wave guide, and is said at least one.

While transmitting a \*\*\*\*\* frequency to said output guided wave guide, it is said input guided wave guide.

The resonator system which enables transmission of the non-wishing frequency along which it passes,  
It \*\*\*\*,

Said resonator system is symmetrical and opposite \*\* mutually while two or more resonators are included.

Prescribing two system modes that there is nothing, this system mode is said resonator.

A part of combination of the linearity of resonance mode is constituted,

For the above-mentioned resonator system, at least two resonator modes are the same cycles substantially.

The electromagnetic-field frequency filter constituted so that it may have a number.

2. In Filter According to Claim 1,

It turns to said guided wave guide, and said at least two system modes are real \*\*\*\*\*.

The electromagnetic-field frequency filter constituted so that it may have the energy dissipation rate of 1.

3. In Filter According to Claim 1,

Said at least two system modes are the above-mentioned input and output guided wave guide \*\*\*\*.

The electromagnetic-field frequency filter which dissipates at the energy dissipation rate same in \*\*\*\* operation.

4. In Filter According to Claim 1,

Said system mode is electromagnetic field which dissipate at the same energy dissipation rate substantially.

Frequency filter.

5. In Filter According to Claim 1,

Said at least two system modes are \*\* system mode and a \*\* system.

The electromagnetic-field frequency filter containing the mode.

6. In Filter According to Claim 1,

Said resonator system is constituted by changing a gestalt or a refractive index.

Electromagnetic-field frequency filter.

7. In Filter According to Claim 1,

Said resonator system is at least one by which direct coupling is carried out to said input guided wave guide.

The electromagnetic-field frequency filter containing a \*\*\*\*\* subelement.

8. In Filter According to Claim 7,

Said resonator system is at least one by which direct coupling is carried out to said output guided wave guide.

The electromagnetic-field frequency filter containing a \*\*\*\*\* subelement.

9. In Filter According to Claim 7,

Said resonator system is said input although direct coupling is carried out to said external subelement.

\*\* containing at least one internal subelement by which direct coupling is not carried out to a guided wave guide

Field frequency filter.

10. In Filter According to Claim 1,

Said resonator systems are the electromagnetic field containing a photograph nick crystal resonator system. Frequency filter.

11. In Filter According to Claim 10,

Said photograph nick crystal resonator systems are at least two single modes.

The electromagnetic-field frequency filter which has a cavity.

12. In Filter According to Claim 10,

Said photograph nick crystal resonator system is the opposite mode at two symmetry.

The electromagnetic-field frequency filter containing at least one cavity which it has.

13. In Filter According to Claim 10,

Said photograph nick crystal resonator system is at least one cavity.

Electromagnetic-field frequency FU including periodic dielectric structure including at least one defect to specify

IRUTA.

14. In Filter According to Claim 10,

Said photograph nick crystal resonator system and said two or more guided wave guides,

The electromagnetic-field frequency filter currently united with single photograph nick crystal.

15. In Filter According to Claim 10,

Said at least two system modes are real \*\*\*\*\* which faces to the above-mentioned guided wave guide.

The electromagnetic-field frequency filter which has the energy dissipation rate of 1.

16. In Filter According to Claim 10,

Are said at least two system modes \*\* at each input and an output guided wave guide?

The electromagnetic-field frequency filter which dissipates at the same energy dissipation rate substantially.

17. In Filter According to Claim 10,

Said system mode dissipates in the same energy dissipation rate substantially.

Electromagnetic-field frequency filter.

18. In Filter According to Claim 10,

Said at least two system modes are \*\* system mode and a \*\* system mho.

The electromagnetic-field frequency filter containing DO.

19. In Filter According to Claim 1,

Said resonator systems are at least two resonators, and are said input guided wave guys.

The resonator by which direct coupling is carried out while direct coupling is carried out by the same integrated state as DO

Implication,

Said at least two resonators are 1 in the frequency of choice, and the circumference of it, respectively.

The electromagnetic-field frequency filter which supports the resonance mode of only \*\*.

20. In Filter According to Claim 19,

It turns to said guided wave guide, and said at least two system modes are real \*\*\*\*\*.

The electromagnetic-field frequency filter which has the energy dissipation rate of 1.

21. In Filter According to Claim 19,

Said at least two system modes are to said each input and an output guided wave guide.

Philharmonic an electromagnetic-field frequency who turns and dissipates in the same energy dissipation rate substantially

TA.

22. In Filter According to Claim 19,

Said system mode dissipates in the same energy dissipation rate substantially.

Electromagnetic-field frequency filter.

23. In Filter According to Claim 19,

Said at least two system modes are \*\* system mode and a \*\* system mho.

The electromagnetic-field frequency filter containing DO.

24. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter,

A signal with at least one frequency containing at least one frequency of choice is transmitted.

The input guided wave guide to carry out,

Output guided wave guide,

It is combined between said input guided wave guide and an output guided wave guide, and is said resonator system.

\*\* -- the frequency which he does not wish according to change of the internal damping rate of one resonator even if few -- before

It transmits during an entry force guided wave guide, and is said output guided wave about said at least one frequency of choice.

The resonator system transmitted to a guide,

It \*\*\*\*,

Said resonator system is symmetrical and opposite \*\* mutually while two or more resonators are included.

Prescribing two system modes that there is nothing, this system mode is said resonator.

A part of combination of the linearity of resonance mode is constituted,

The above-mentioned resonator systems are at least two resonator MO, when said transfer takes place.

Philharmonic an electromagnetic-field frequency constituted so that - DO may have the same frequency substantially

TA.

25. In Filter According to Claim 24,

Said internal damping rate of said at least one resonator is \*\* of said resonator system.

The electromagnetic-field frequency filter which changes by changing \*\*\*\*\*.

26. In Filter According to Claim 24,

Said internal damping rate of said at least one resonator is electric, optical, or an opportunity.

The electromagnetic-field frequency filter changed by the \*\*-means.

27. In Filter According to Claim 24,

The above-mentioned input guided wave guide has input port and an output port,

Said output guided wave guide has an advance port and a go-astern port,

Said frequency of choice of said internal damping rate of said at least one resonator is four.

The electromagnetic-field cycle which changes in order to offer the alternative switching which goes to one of the ports

Number filter.

28. In Filter According to Claim 24,

Said input guided wave guide has input port and an output port,

Said output guided wave guide has an advance port and a go-astern port,

Said frequency of choice of said internal damping rate of said at least one resonator is four.

The electromagnetic-field frequency which changes in order to offer the alternative split which goes to one of the ports

Filter.

29. In Filter According to Claim 24,

Said input guided wave guide has input port and an output port,

Said output guided wave guide has an advance port and a go-astern port,

Said frequency of choice of said internal damping rate of said at least one resonator is four.

It is in order to offer the alternative time amount change switching which goes to one of the ports.

The changing electromagnetic-field frequency filter.

30. In Filter According to Claim 24,

Said input guided wave guide has input port and an output port,

Said output guided wave guide has an advance port and a go-astern port,

Said frequency of choice of said internal damping rate of said at least one resonator is four.

Strange in time, in order to offer the alternative time amount change split which goes to one of the ports

The changing electromagnetic-field frequency filter.

31. In Filter According to Claim 24,

Said resonator systems are electromagnetic field which are photograph nick crystal resonator systems.

Frequency filter.

32. In Filter According to Claim 31,

Said internal damping rate of said at least one resonator is \*\* of said resonator system.

The electromagnetic-field frequency filter which changes by changing \*\*\*\*\*.

33. In Filter According to Claim 31,

Said internal damping rate of said at least one resonator is electric, optical, or an opportunity.

The electromagnetic-field frequency filter changed by the \*\* -means.

34. In Filter According to Claim 24,

Said resonator systems are at least two resonators, and are said input guided wave guys.

The resonator by which direct coupling is carried out while direct coupling is carried out by the same integrated state as DO

Implication,

Said at least two resonators are 1 in the frequency of choice, and the circumference of it, respectively.

The electromagnetic-field frequency filter which supports the resonance mode of only \*\*.

35. In Filter According to Claim 34,

Said internal damping rate of said at least one resonator is \*\* of said resonator system.

The electromagnetic-field frequency filter which changes by changing \*\*\*\*\*.

36. In Filter According to Claim 34,

Said internal damping rate of said at least one resonator is electric, optical, or an opportunity.

The electromagnetic-field frequency filter changed by the \*\* -means.

37. It is Electromagnetic-Field Frequency Filter,

it has input port and an output port, and at least one frequency of choice is included -- \*\*\*\*

The guided wave guide which accepts the signal in which \*\* has one frequency,

Even if it is prepared between said input guided wave in said guided wave guide, and an output port and is few

It responds to change of the internal damping rate of one resonator, and is said at least one frequency of choice.

It has the resonator system transmitted to said output port,

Said resonator system is an electromagnetic-field frequency which specifies at least one resonance mode. Filter.

38. In Filter According to Claim 37,

Said internal damping rate of said at least one resonator is \*\* of said resonator system.

The electromagnetic-field frequency filter which changes by changing \*\*\*\*\*.

39. In Filter According to Claim 37,

Said internal damping rate of said at least one resonator is electric, optical, or an opportunity.

The electromagnetic-field frequency filter changed by the \*\* -means.

40. In Filter According to Claim 37,

Said internal damping rate of said at least one resonator is said input port and a front.

Strange in order to offer alternative switching of said frequency of choice which goes to an account output port

The changing electromagnetic-field frequency filter.

41. In Filter According to Claim 37,

Said internal damping rate of said at least one resonator is changing, and is close [ said ].

It is \*\* about the alternative split of said frequency of choice which goes to a force port and said output port.

The electromagnetic-field frequency filter to offer.

42. In Filter According to Claim 37,

Said internal damping rate of said at least one resonator is close [ of said frequency of choice / said ].

The alternative time amount change switching between a force port and said output port is offered.

The electromagnetic-field frequency filter which changes to a sake in time.

43. In Filter According to Claim 37,

Said internal damping rate of said at least one resonator is close [ of said frequency of choice / said ].

\*\* which offers the alternative time amount change split between a force port and said output port

The electromagnetic-field frequency filter which changes to \*\* in time.

---

[Translation done.]